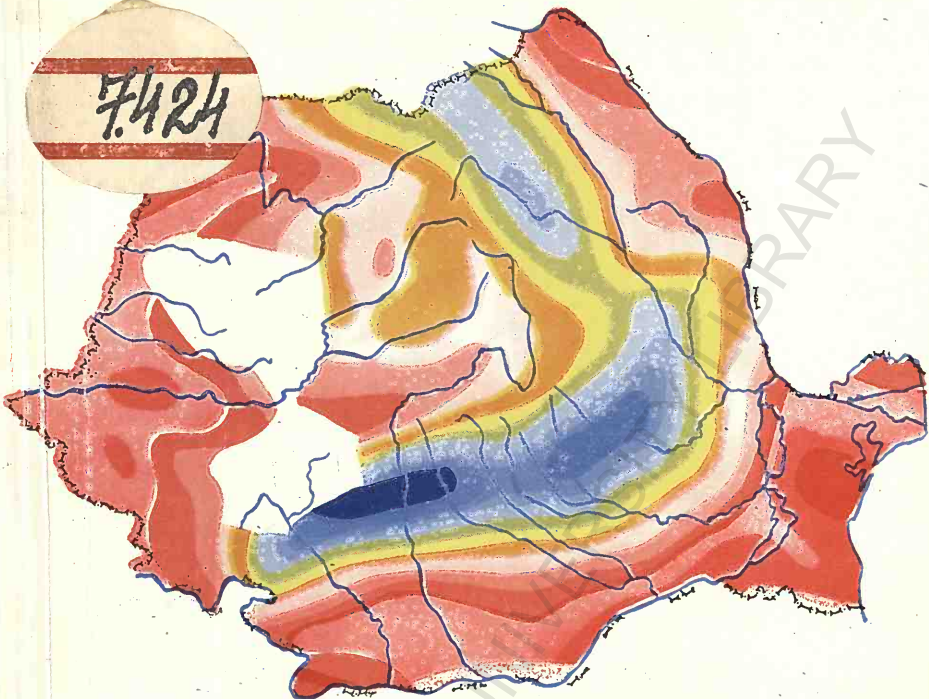


7424



ȘTEFAN AIRINEI

RADIOGRAFIA GEOFIZICĂ A SUBSOLULUI ROMÂNIEI

Soției mele, Silvia,
cu dragoste și recunoștință

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Ștefan Airinei

RADIOGRAFIA GEOFIZICĂ A SUBSOLULUI ROMÂNIEI



127391
B.C.U. - IASI



Editura științifică și enciclopedică
București, 1980

Mulți cititori se pot întreba, stârniți de titlul cărții, de ce „radiografie geofizică?”, ce anume alătură aceste două cuvinte care par, la prima vedere, atât de îndepărtate? Chiar dacă acești cititori nu ar fi prea mulți la număr, se impune, neapărat, o lămurire. Sînt de acordat acestei imbinări două semnificații care decurg una din cealaltă: prima, o figură de stil și a doua, mesajul și relația științifică dintre ele. Știm că figurile de stil au darul să încălzească textul poeziei sau prozei, să îl apropie ușor de mintea și sensibilitatea cititorului. Este ceea ce dorește să realizeze și autorul acestui text care se gîndește, în primul rînd, și cu toată considerația, la cititorii lui ce nu sînt, neapărat, din familia științei în care activează el însuși.

Luete separat, cuvintele „radiografie” și „geofizică”, deși au înțelesuri relativ distincte și circulații foarte diferite ca frecvență, se întîlnesc în spațiul vast al științelor naturii, unde sferele lor suportă suprapuneri parțiale. Iată cum :

Cuvîntul *radiografie* s-a născut în laboratoarele de fizică, iar practica medicinei i-a dat o circulație de masă. Cine nu știe astăzi de „radioscopie” sau de „radiografia în raze X”? Sînt două practici distincte doar prin tehnica de observație, cu ajutorul cărora medicul radiolog descoperă „anomalia” în anatomia sau fiziologia unui organism sau unui organ. Fractura unui os sau leziunea unui organ intern sînt „anomalii” față de starea normală sau de deplină sănătate a osului sau organului respectiv. Odată descoperită „anomalia”, calea spre tratamentul medical este deschisă... și, de cele mai multe ori, reușește !

Cuvîntul *geofizică* exprimă denumirea unei geostiințe relativ tînără. Geofizica s-a născut, de asemenea, în gîn-

direa și practica experimentatorilor din laboratoarele de fizică, de unde a evadat treptat „pe teren“. La început prin aplicații timide și modeste, pe arii restrânse, apoi cu îndemînare și curaj, pînă la studiul întregii noastre planete. Am putea spune, ceea ce reprezintă însăși realitatea, că, fixîndu-și drumul, geofizica a devenit știința de frontieră și de legătură între fizică și geologie. Sub aspect aplicativ s-a adaptat de timpuriu și a devenit un instrument eficace pentru cunoașterea geologică a scoarței terestre. Este mult mai tînără decît *geologia* și după cum le arată denumirile înseși, ambele, geologia și geofizica, au același obiect de cercetare, Pămîntul. Se înțelege, fiecare cu mijloacele ei de investigare și cu puterile lor de rezolvare. Mai mult, de vreo zece ani asistăm, așa cum se exprimă chiar unii geologi, la formarea unei geologii noi bazată pe geofizică. Aceștia au în vedere mai ales conceptele moderne ale expansiunii fundului oceanic și tectonicii plăcilor, ultimul fiind cunoscut și sub denumirea de tectonica globală, în sens larg, născute, ele însele, în gîndirea geofizică.

Geofizica se ocupă, așa cum îi arată numele, cu studiul proprietăților și fenomenelor fizice ale Pămîntului. Dacă materia terestră ar avea, în orice punct din volumul planetei, aceeași valoare pentru proprietățile ei fizice (densitatea, elasticitatea, proprietatea magnetică, electrică, termică, radioactivă ș.a.), adică ar fi „omogenă“, fenomenele fizice s-ar manifesta uniform la suprafața sau la exteriorul Pămîntului. În realitate, proprietățile fizice ale materiei prezintă variații atît în lungul oricărei raze terestre, cît și în cuprinsul fiecărui înveliș concentric al planetei (scoartă, manta, nucleu — inclusiv în subdiviziunile de ordinul II sau III ale acestora), ceea ce face ca manifestările fenomenelor fizice să fie diferențiate în raport cu gradul de „eterogenitate“ al acestor proprietăți fizice ale rocilor care compun masele geologice. Mai mult, să precizăm că distribuția eterogenă a proprietăților fizice ale materiei terestre se află în directă corelare cu însăși structura maselor geologice. Diferența între ceea ce ar fi „normal“ și ceea ce corespunde realității geologice este „anomalia“ geofizică. Prin urmare, indiferent la ce scară ne situăm — planetară, continentală, regională sau locală — orice abatere de la desfășurarea „normală“ a

manifestărilor fenomenelor fizice ale Pământului constituie o „anomalie“ geofizică. În consecință, abaterile de la „normal“ pot constitui, după dimensiunile lor, „anomalii“ la scară planetară, continentală, regională sau locală. Înseși anomaliiile „regională“ și „locală“ pot fi caracterizate prin numeroase grade de regionalitate, de la mărimea unui continent sau unei țări pînă la contururi de ordinul metrilor pătrați sau și mai mici. Limita între „regional“ și „local“ este convențională și depinde în primul rînd de scara cercetării geofizice : de recunoaștere regională, de semidetaliu, de detaliu, de mare detaliu sau de microdetaliu.

Or, pentru cercetarea geofizică, determinarea „anomaliei“ provocate de cauze geologice situate în scoarța terestră sau în oricare alt înveliș al planetei, înseamnă primul pas de cunoaștere și de diagnosticare a structurii și a potențialității ei din punctul de vedere al bogățiilor minerale pe care le formează sau pe care le-ar putea cuprinde.

Înțelegem acum semnificația științifică a expresiei „radiografie geofizică“. Este o radiografie a Pământului în totalitatea lui sau ale unor părți componente ale sale, cel mai adesea la scară regională sau locală, realizată prin mijloace de investigare proprii geofizicii.

Științele geologice (stratigrafia și sedimentologia, petrografia și mineralogia, macro- și micropaleontologia, geochimia, geotectonica ș.a.) sînt bazate pe observația directă, la suprafața terestră, a rocilor, mineralelor, fosilelor, sistemelor geochimice, sistemelor structurale ș.a. Observație, descriere, sistematizare. Putem spune cînd a luat ființă activitatea geologică propriu-zisă ? Geologie a făcut, fără să știe, omul paleolitic atunci cînd scormonea solul și subsolul pentru a căuta și alege acel tip de silex suficient de dur să-i asigure confecționarea primelor lui arme și unelte, sau a „lutului“ bun pentru oale și podoabe ; geologie au făcut toți acei oameni de excepție care au remarcat și cules aurul și cuprul din aluviunile pîraielor de munte, au observat roca din care s-au desprins firicelele libere de metal și au mers pe drumul lor pînă au descoperit „zăcămintele“ din care proveneau ; geologie au făcut toți cei care au observat cît de diferite sînt rocile între ele și prin aceasta au ajuns să le verifice conținutul și să creeze noțiunea de

zăcămint de fier, de mercur, de plumb, de zinc, de staniu și toate celelalte metale, încă înainte ca geologia să se fi constituit ca știință. A fost o căutare de milenii și o „scurmare“ de secole a solului scoarței terestre, pînă ce „mineritul“ s-a aventurat în orizonturi din ce în ce mai întunecate ale subsolului. O lungă, foarte lungă perioadă din timpul istoric, „aventura minelor“ spre adîncuri a progresat lent, urmărind pas cu pas filoanele sau rocile purtătoare de metale cunoscute mai întîi la suprafață. Inevitabil, zorii primei crize a metalului n-au întîrziat să apară. Periodic, vor apărea și altele, rezolvate, pe rînd, de salturile cunoașterii.

În timp ce progresul culturii și cunoașterii creștea pe seama bogățiilor subsolului, descoperirea la suprafață sau în imediata ei apropiere de noi zăcămint metali-fere începu să se rărească. Este momentul de la care intervine din ce în ce mai vădit experiența acumulată de generațiile de căutători, ștafete din ce în ce mai specializate. În mintea acestor oameni întreprinzători prind să se cristalizeze primele filoane de cunoaștere care vor duce la apariția științelor geologice.

În febra acestor căutări, ia ființă și practica „baghetei magice“. Dacă n-ar fi fost discreditată de cohorte de șarlatani, soarta acestei practici ar fi fost, poate, mai bună, iar astăzi n-am avea atîtea ezitări să spunem că ea a fost străbunica metodelor geofizice.

Rădăcinile proto-științelor geologice, apoi tulpinile crescute cu vigoare din acestea, au asigurat multe secole desfășurarea activității industriilor extractivă, metalurgică și de prelucrare, învingînd crizele provocate de decalajele iscate periodic între cantitățile tot mai mari de metal cerute de creșterea pretențiilor societății umane și cantitățile de minereu și alte substanțe minerale utile, tot mai rar oferite de orizonturile superficiale ale scoarței terestre accesibile mijloacelor tehnice contemporane stadiilor respective. Dar a venit și „momentul“ cînd posibilitățile tehnice ale industriei extractive au depășit limitele investigării și deci ale descoperirii de noi zăcă-minte de minereuri prin mijloace pur geologice. În felul acesta se profila pentru geologie cea mai severă criză, de nerezolvat prin ea însăși.

Ideea că oamenii trebuie să-și îndrepte atenția spre resursele minerale situate la adîncimi din ce în ce mai

mari în scoarța terestră, deși născută demult, a constituit și continuă să fie una din problemele majore ale sec. XX. În acest complex de împrejurări, au apărut și s-au dezvoltat metodele geofizicii aplicate. Fiecare dintre ele își propune studiul unei categorii de semnale purtătoare de „mesaje cifrate” ale Pământului. Manifestarea naturală sau provocată a acestor semnale, diferențiate ca intensitate în raport cu variația proprietăților fizice ale rocilor din scoarța terestră, se face prin *câmpuri fizice*, prin *unde* și prin *radiații*. Cu alte cuvinte, metodele geofizicii aplicate, echipate cu aparatură specială, măsoară într-un punct sau într-un sistem de puncte (numite rețele de observații), mărimi specifice ale câmpurilor fizice, înregistrează unde sau detectează și numără particule care provin de la surse mai mult sau mai puțin îndepărtate și care sînt purtătoare de informații (mesaje) atît pentru sursa însăși cît și pentru cele întîlnite în cale. Etapa consumată de măsurători pe suprafața teritoriului cercetat pentru obținerea „semnalului-efect”, este succedată de aceea a prelucrării datelor și de întocmire a „clișeeleor” care conțin, direct sau indirect, elementele descifrării „surselor-cauze” ascunse. Interpretarea acestor „clișee” (hărți geofizice, profiluri, secțiuni etc.), constînd din transformarea „conținutului lor fizic” în „conținut geologic” cît mai echivalent, constituie etapa finală a oricărei cercetări geofizice. Este etapa care așază pe geofizician, adesea, în situații de mare complexitate și de mare răspundere. Reușita operației de „descifrare a mesajelor geofizice” depinde de experiența interpretatorului, dar mai ales de măiestria lui de integrare a acestor mesaje în ansamblul cuceririlor celorlalte științe.

*

Primele măsurători geofizice pe teritoriul României datează din sec. XVIII și XIX. Ele au avut un scop aplicativ, fie în domeniul geodeziei (pentru construirea hărților topografice), fie de tehnică militară. Asemenea măsurători se referă la câmpul gravitației și câmpul magnetic terestru. Au fost executate de specialiști străini care aparțineau fie de Institutele geografice militare de la Viena și Petersburg (azi Leningrad), fie de alte insti-

tuții interesate în asemenea probleme. Instrumentele relativ modeste pe care le-au folosit, precizia redusă a determinării și raritatea punctelor în care s-au efectuat măsurătorile, fac ca valoarea acestor lucrări să fie astăzi de natură pur istorică.

De valoare istorică sînt și consemnările făcute de-a lungul secolelor de oameni de cultură din Principatele Române, privind cutremurele de pămînt simțite în diferite regiuni ale țării. Multe din aceste consemnări — relativ la data și locul producerii cutremurului, a zonei cu distrugerile cele mai mari și a efectelor din zonele succesiv mai îndepărtate — au fost sistematizate și valorificate în timpuri mai recente pentru stabilirea frecvenței cutremurelor de pămînt în anumite zone, după intensitatea lor, precum și la fundamentarea mai obiectivă a seismicității teritoriului țării. Dacă majoritatea consemnărilor anterioare sec. XIX aparțin cronicarilor, următoarele au revenit geologilor. Chiar în literatura de specialitate din România se găsesc numeroase publicații scrise de geologi, în care sînt analizate efectele produse de unele cutremure de pămînt care au avut loc în timpul vieții lor. Prin consemnările mult mai obiective pe care le realizează, privind în special distrugerile materiale și modificările survenite în scoarța terestră din zonele epicentrale, acești geologi au făcut muncă de geofizician cînd geofizica nu era încă constituită ca știință.

Spre sfîrșitul sec. XIX și începutul sec. XX, apar primele activități geofizice organizate fie în cadrul universităților din București și Iași, fie a unor organisme fondate la îndemnul cîtorva mari personalități științifice ale acestora și afiliate la instituții de stat existente.

Prima hartă geofizică a României ilustrează distribuția elementelor cîmpului magnetic terestru pe teritoriul Moldovei și Munteniei (D. Negreanu și M. Mureșan, 1893—1894). La mai bine de un deceniu, apar alte hărți magnetice mai complete și mai precise (Șt. Hepites și I. Murat, 1906). Șirul lor va continua în deceniile următoare, mereu mai complete și va cuprinde întreg teritoriul României.

Din această vreme reținem inițiativele lui Șt. Hepites pentru primele activități geofizice de observator, magnetice și seismologice, organizate la București. Asupra acestora vom reveni în capitolul următor. Tot din această

perioadă datează și primele determinări în scopuri practice, pentru radioactivitatea unor țițeiuri și ape minerale, pentru regimul geotermic din unele sonde petrolifere, precum și pentru rezistivitatea electrică a apelor potabile și minerale. Tot acum își au începutul și primele lucrări de prospecțiuni geofizice, executate la cererea unor societăți particulare ocupate cu descoperirea, explorarea și exploatarea bogățiilor naturale ale subsolului țării.

Un eveniment important are loc în anul 1925, când în cadrul Institutului Geologic al României ia ființă primul serviciu de prospecțiuni geologice, în care se va înfiripa nucleul geofizicii românești. Era, prin această fundare, o recunoaștere oficială a autorităților de stat privind utilitatea și însemnătatea metodelor geofizice la promovarea industriei minerale. Acest nucleu — în care s-au format, au lucrat și au creat pionierii prospecțiunii geofizice românești, toți ingineri de specialitate minieră (T. Bărbat, I. Gavăt, T. P. Ghițulescu, G. Russo, M. Socolescu, S. Ștefănescu) — a fost originea coordonatelor în câmpul cărora s-a desfășurat, pînă în prezent, o activitate intensă de încercări și reușite teoretice și experimentale în toate domeniile geofizicii generale și aplicate.

De curînd geofizica românească a pășit în a doua jumătate de veac a existenței sale. Jubileul a fost sărbătorit în Aula Academiei R. S. România, la 26 februarie 1975, printr-o sesiune de comunicări cu tema: *O jumătate de secol de prospecțiuni geofizice românești.*

Enumerarea titlurilor ascultate cu emoție și mîndrie la jubileu este un omagiu ce i se poate aduce, dar și un breviar util nouă la întreprinderea în care sîntem angajați la scrierea acestei modeste lucrări. Iată-le: *Cuvînt de deschidere* (Sabba Ștefănescu); *Sarcinile geofizicii românești în lumina documentelor Congresului al XI-lea al P.C.R.* (B. Almășan); *Începuturile prospecțiunilor geofizice românești* (T. P. Ghițulescu și I. Gavăt); *Contribuții ale geofizicii generale la activitatea de prospecțiune din țara noastră* (L. Constantinescu și M. Socolescu); *24 de ani de activitate geofizică la întreprinderea geologică de prospecțiuni pentru substanțe minerale solide* (Tr. Cristescu, I. Popea, D. Popovici și alții); *25 de ani de geofizică la întreprinderea de prospecțiuni geo-*

*logice și geofizice pentru hidrocarburi — București (C. Burcea); Aspecte ale introducerii și dezvoltării activității geofizicii de sondă în România (S. Iordache, A. Neguț, Gh. Vasilescu); Aportul cercetărilor de geofizică aplicată la activitatea de prospecțiune (Dr. Romanescu) și Perspectivile de viitor ale geofizicii românești (R. Botezatu)*¹.

Dacă la menționările făcute am adăuga că, în această jumătate de veac, numărul specialiștilor avînd calificare superioară, ocupați în activități geofizice, a crescut de la mai puțin de 10 la peste 700 și că în ultimul deceniu numărul celor care lucrează pe teren sau la centrele de prelucrare și valorificare a datelor geofizice este de peste 5500 de persoane; că, în același interval de timp, rezultatele lucrărilor prestate sînt consemnate în cîteva mii de rapoarte și că dintre rezultatele cele mai semnificative și-au făcut obiect de studii peste 900 de lucrări științifice publicate în reviste de specialitate din țară și străinătate —, oricine poate să-și facă o părere despre locul pe care îl ocupă geofizica românească în repertoriul orchestrei geostiințelor cu tema „cunoașterea subsolului românesc“.

Autorul acestor rînduri va încerca să detașeze din repertoriul publicat cele mai semnificative înlănțuiri de acorduri și să le explice cititorului interesat, prin intermediul „radiografiei geofizice“ pe care paginile tipărite i le-au pus la dispoziție.

¹ Comunicările citate au fost publicate de Academia R. S. România într-un volum festiv dedicat semicentenarului prospecțiunilor geofizice românești, din seria Stud. cerc. geol., gofiz., geogr., 13, București, 1975.

1. SPRE CLIȘEELE GEOFIZICE

1.1. Cîteva precizări și aduceri aminte

Fenomenele geologice care s-au desfășurat la scară planetară, din ansamblul cărora fac parte și cele petrecute pe teritoriul României, s-au pregătit, s-au produs, s-au derulat și continuă să evolueze în intervale de timp neobișnuit de mari față de unitățile de timp în care își socotește omenirea existența, etapele de progres și faptele ei de cunoaștere. Cele mai vechi roci din scoarța terestră, datate pînă în prezent în vîrste absolute, au circa 3,4 miliarde de ani. Se presupune că începuturile primei cruste terestre (protocrusta sau crusta primară) s-ar situa la circa 4,5—5 miliarde de ani vechime. Pînă atunci (alți 5 miliarde de ani) și de atunci încoace (următorii 5 miliarde de ani „geologici“), materia terestră a suferit transformări geochimice substanțiale și s-a supus continuu procesului de organizare, diferențiindu-se cu adîncimea, de la exteriorul suprafeței solide spre interiorul planetei.

Ce știm astăzi despre structura internă a Pămîntului, și nu ne putem mîndri că știm prea multe, se datorează tot geofizicii care, în ultimele decenii, și-a perfecționat sistemele de observații și de înregistrare a semnalelor provenite de la fenomenele fizice din interiorul globului terestru — unele la scară planetară, altele la scări mai mici — produse la diverse niveluri de organizare a materiei. Intră în joc și unele manifestări fizice de la exteriorul planetei care, prin interferență, devin căi de cunoaștere, alături de manifestările fizice interne, spre interiorul globului terestru.

Știm, de exemplu, că materia terestră este organizată diferit din punct de vedere „fizico-geologic“, de la suprafață spre interior, în cele trei învelișuri majore planetare (Scoarța, Mantaua și Nucleul) și că fiecare dintre ele comportă subdivizări distincte (învelișurile

de ordinul II : A, B, C, D, E, F, G), susceptibile la rîndu-le de a fi subdivizate în învelișuri de ordinul III (de exemplu, subdiviziările D' și D'' ale mantalei inferioare, corespunzătoare lui D (fig. 1). Toate trei învelișurile majore evoluează în strînsă interdependență și toate produc direct sau indirect prefacerile spectaculoase pe care le-a îmbrăcat scoarța terestră în lungul timpului geologic, de la primele ei „momente” de existență pînă în prezent.

Radiografia geofizică are ca obiect de studiu întreg „organismul” globului terestru. Măsurătorile privind spre interiorul planetei se fac la sol, pe mare sau în aer.

Măsurătorile la sol sînt cele care se execută pe uscat, adică pe suprafețele blocurilor continentale. La

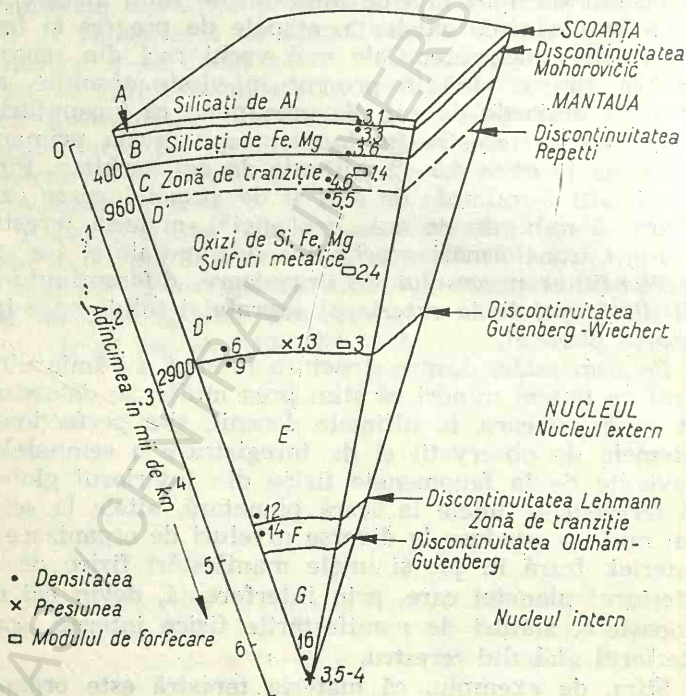


Fig. 1 Structura internă a Pământului după date geofizice și cu elemente geologice.

Literele A-G reprezintă, după Bullen și Gutenberg, subdiviziunile de ordinul II, ale geosferelor de ordinul I (scoarța, mantaua și nucleul). Densitatea în g/cm^3 ; presiunea în milioane de atmosfere; modulul de forfecare în dyne/cm^2 .

aceeași categorie se pot adăuga și cele executate în subteran, în lucrări miniere sau în găuri de sonde. Studiul geofizic al găurilor de sondă, numit carotajul sondelor, a căpătat o dezvoltare și o importanță uluitoare pentru specialiștii angajați în prospectarea, explorarea și exploatarea bogățiilor de substanțe minerale utile.

Măsurătorile geofizice pe mare sau geofizica marină, în dezvoltare impetuoasă începînd cu Anul Geofizic Internațional (A.I.G., 1957—1959), a revoluționat cunoașterea Oceanului Planetar și, odată cu rezultatele spectaculoase obținute, înseși temeliile geologiei planetare. Ele se execută de pe vase special construite și amenajate, la suprafața oceanelor și mărilor, sau la diferite niveluri de adîncime ale acestora, iar în unele cazuri chiar pe fundul marin, cum ar fi cele pe platformele continentale.

Măsurătorile geofizice în aer sau aerogeofizica, concepute inițial pentru cercetarea regiunilor terestre greu accesibile și efectuate la altitudini convenabile metodelor utilizate și performanțelor de zbor realizate de avion sau elicopter, au suferit un salt considerabil tehnic și metodologic pentru studii din sateliți sau laboratoare spațiale pentru prospectarea de ansamblu a Pămîntului sau din nave cosmice pentru cunoașterea fenomenelor fizice ale planetelor Sistemului Solar, în particular, precum și din spațiul cosmic, în general.

Revenind la teritoriul României, precizăm că rezultatele radiografiei geofizice obținute pînă în prezent, se referă, în general, la un domeniu relativ restrîns în comparație cu lungimea razei terestre (de valoare medie 6367 km) și anume, la scoarța și stratul B din manta (fig. 1), adică pe o adîncime de cel mult 400 km. În realitate, numărul informațiilor geofizice scade progresiv cu adîncimea, de la paturile superioare ale scoarței spre baza litosferei și astenosferă. Figura 2 reproduce un model al domeniului menționat, schematizat în acord cu conceptul tectonicii plăcilor. În acest concept, succesiunea orizonturilor semnificative fizico-geologice sînt, de sus în jos, următoarele: litosfera, astenosfera și mezosfera.

Litosfera include scoarța și partea superioară a stratului B sau mantaua superioară, avînd o grosime medie de 100 km. Astenosfera ocupă restul din stratul B, re-

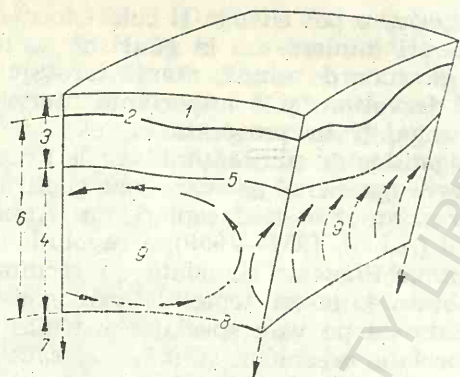


Fig. 2 Bloc-diagramă arătând structura părții solide exterioare a Pământului:

1, scoarța terestră (grosime medie 33 km); 2, discontinuitatea Mohorovičić; 3, litosfera sau crusta terestră (grosime medie 100 km); 4, astenosfera sau zona de viteză redusă (grosimea medie 300 km); 5, suprafața fizico-geologică de separație a litosferei de astenosferă; 6, mantaua superioară (stratul B); 7, mantaua medie (stratul C extins între adâncimile medii de 400 și 1000 km); 8, suprafața fizico-geologică de separație a stratului B de stratul C; 9, curenți de convecție în astenosferă.

zervîndu-și o grosime medie de 300 km. În astenosferă își au sediul postulații curenți de convecție care pun în mișcare lentă masa materialului terestru cuprinsă între litosferă și mezosferă. Energia mecanică uriașă pe care o dezvoltă această mișcare, justifică marile procese fizico-geologice la scară planetară produse în acest domeniu și care constituie ansamblul condițiilor complexe de interdependență litosferă-astenosferă. Prima și cea mai importantă consecință constă în ruperea litosferei în plăci crustale și punerea lor în mișcare diferențiată unele în raport de altele, mișcări care conduc la formarea de crustă nouă de o parte și de alta a dorsalelor medio-oceanice și de retopire a părților opuse ale plăcilor crustei, în astenosferă, în zonele numite de subducție. Prin urmare se poate vorbi de un transfer continuu și lent al materiei într-un circuit doar parțial închis : astenosferă—litosferă—astenosferă ș.a.m.d.

Mezosfera, în conceptul tectonicii plăcilor, este un termen care desemnează partea superioară a mantalei medii și care din punct de vedere geodinamic este considerată a avea un comportament aproape inert. În realitate, masele materiei din mezosferă sînt supuse la miș-

geologice
moașterii
eum și a

geologice
moașterii
cum și a

arta su-
ri constă
blemelor
zele oro-
și vulca-
pământ și
mice im-
gice mai
n primul
substan-

substan-
adîncime,
îmbogățit
parței te-
sintetică

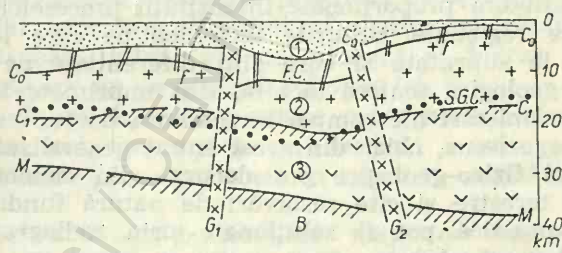


Fig. 3 Secțiune sintetică prin scoarța terestră, așa cum rezultă din date seismice:

1, pătura sedimentară; 2, pătura granitică; 3, pătura bazaltică; B, stratul B al mantalei superioare; F.C., fundament cristalin (parte componentă a păturii sedimentare); C₀, suprafața fizico-geologică superioară a fundamentului cristalin; C₁, suprafața fizico-geologică de separație a păturii sedimentare de pătura granitică; C₂, discontinuitatea Conrad (separă fizico-geologic pătura granitică de pătura bazaltică); M, discontinuitatea Mohorovičić; G₁ și G₂, cimpuri de fracturi crustale; f, cimpuri de falii la diferite niveluri de adâncime; S.G.C., suprafața geotermică Curie.

mice publicate, care cuprinde : morfologia complicată a discontinuității Mohorovičić numită și Moho, situată la adâncimi cuprinse între 23 și 38 km ; cele trei păături componente ale scoarței terestre (sedimentară, granitică și bazaltică), de grosimi variabile, separate de discontinuitățile C_0 și C_1 ; două cîmpuri de fracturi crustale (G_1 și G_2) și mai multe falii situate la niveluri de adîncime diferite. În secțiune mai este figurată și suprafața geotermică Curie, element fizic de mare importanță pentru magnetometrie prin aceea că rocile au proprietate magnetică remanentă (aceea obținută în timpul formării lor) numai de la ea pînă la suprafață. De la ea în jos, materialul terestru este demagnetizat.

Variația în grosime a păturilor granitică și bazaltică, ea însăși dependentă de morfologia discontinuității Moho, precum și structura majoră a acestora, mai ales cînd este complexată de prezența cîmpurilor de fracturi crustale, condiționează formarea, evoluția și structura păturii sedimentare. Să precizăm că pătura sedimentară include, la baza ei, pachetele de roci metamorfice, cunoscute sub denumirea generică de „fundament cristalin“.

Cîmpurile de fracturi crustale, unul din elementele structurale majore ale scoarței terestre, asupra cărora vom reveni, secționează cel mai adesea întreaga scoarță terestră, uneori depășind discontinuitatea Moho, o fragmentează în compartimente care se pot deplasa diferențial pe verticală și orizontală, unele în raport de altele, cu amplitudini proporționale intensității proceselor geodinamice regionale. Stilurile tectonice pe care le observăm la suprafață și care sînt diferențiate de la o unitate geologică majoră la alta, sînt imprimate tocmai de aceste mișcări ale compartimentelor scoarței terestre. Se înțelege lesne, chiar din acest enunț generalizat, cite descifrări fizico-geologice pot decurge din cunoașterea scoarței terestre și cite rezolvări de natură fundamentală și practică pot fi soluționate prin radiografierea geofizică a subsolului.

Din sintetizările rezultatelor geofizice și geologice obținute pînă în prezent, s-a putut preciza că scoarța terestră este de două tipuri majore net diferențiate : scoarța de tip continental și scoarța de tip oceanic.

Scoarța de tip continental este mult mai groasă, între 25 și 80 km, și conține toate trei păturile componente :

sedimentară, granitică și bazaltică. Compoziția scoarței continentale este bogată în siliciu și aluminiu (Sial). Ea se prezintă sub forma a numeroase subtipuri de scoarță, corespunzătoare regiunilor tectonice majore din domeniul continental. Principalele subtipuri se referă la regiunile de orogen vechi sau nou, la masivele mediane, circumscrise arcurilor de orogen și la regiunile de platformă, ele însele fiind compuse din scuturi, epiplatforme², aulacogene³ ș.a.

Scoarța de tip oceanic este mult mai subțire, între 5 și 15 km, și conține doar pătura bazaltică, acoperită de un strat sedimentar relativ subțire. Scoarța oceanică are o constituție foarte uniformă, fiind preponderent constituită dintr-un anumit tip de bazalte (numite oceanite bazaltice), diferit de tipul bazaltelor continentale. Compoziția ei este bogată în siliciu și magneziu (Sima), fiind destul de apropiată de compoziția mantalei superioare.

Trecerea de la scoarța de tip continental la scoarța de tip oceanic nu este tranșantă, ci se face prin intermediul unui tip de scoarță de tranziție. Scoarța de tranziție este situată la periferia oceanelor și mărilor și corespunde așa-numitelor platforme continentale (shelf-uri). Grosimea scoarței de tranziție face trecerea, cum este și firesc, de la grosimea scoarței continentale la aceea a scoarței oceanice. În compoziția ei se află și stratul granitic care se laminează progresiv dinspre țărmul continental spre pragul abisal al platformei continentale. Unele mări, între care se situează și Marea Neagră, prezintă un tip de scoarță suboceanică.

În figura 4 sînt reproduse patru modele de scoarță terestră, sub forma a patru secțiuni seismo-geologice, determinate pe zone situate în imediata vecinătate a te-

² Epiplatformele, în conceptul *Hărții tectonice a Europei* (1964), sînt resturi de orogen vechi, consolidat și pleneplenizat (cratoni) sudate succesiv la scuturile arhaice ale scoarței terestre primare.

³ Aulacogenul reprezintă o structură majoră a regiunilor de platformă, instalată pe zonele de mare mobilitate ale acestora, între cîmpuri de fracturi crustale. Au dimensiuni asemănătoare geosinclinalelor, cu lungimi pînă la 500—1000 km și cu lățimi între 50 și 100 km. Unii tectonicieni le numesc „geosinclinale avortate“.

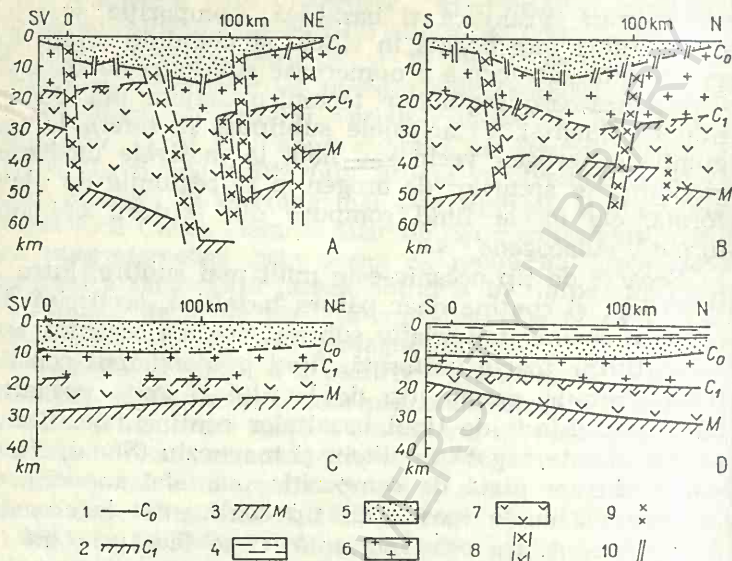


Fig. 4 Secțiuni seismice prin scoarța terestră, interpretate geologic, pe segmente de circa 180 km lungime (prelucrare după V. Sollogub și A. Chekunov, 1975):

A, Carpații Estici; B, Depresiunea Nipru-Donet; C, Depresiunea Panonică; D, Platforma continentală a Mării Negre; 1, suprafață fizico-geologică de separație a păturii sedimentare de pătura granitică; 2, discontinuitatea Conrad; 3, discontinuitatea Monorovičič; 4, strat de apă; 5, pătura sedimentară; 6, pătura granitică; 7, pătura bazaltică; 8, cîmp principal de fracturi crustale; 9, cîmp secundar de fracturi crustale; 10, falii locale.

ritoriului României⁴. Fiecare secțiune are circa 180 km lungime și traversează unități geologice majore care se prelungesc sau se pot afla, la scări diferite, și pe teritoriul României. Ele fac parte din rețeaua de profile de seismică profundă, executate în cooperare internațională, de către statele membre ale Asociației Geologice Carpato-Balcanice. Primele trei modele (A, B, C) corespund la trei subtipuri de scoarță continentală; ultimul (D), la tipul scoarței de tranziție.

Secțiunea A traversează Carpații Estici pe direcția SV—NE, la mică distanță de frontiera de stat a Româ-

⁴ SOLLOGUB V., CHEKUNOV A., *Types of crustal models on an example from the Ukraine and adjacent seas*, Stud. tehn. econom., Seria D (Prospecțiuni geofizice), X, 3, 261—264, București, 1975.

niei. Grosimea scoarței variază între 30 și 65 km. Pătura bazaltică are grosimea cea mai mare (între 10 și 25 km); păturile granitică și sedimentară au grosimi comparabile (între 3 și 15 km), sugerînd ideea că una a evoluat pe seama celeilalte. Morfologia secțiunii este puternic complicată de cinci cîmpuri de fracturi crustale care afectează doar parțial pătura sedimentară. În schimb, toate cinci intersectează discontinuitatea Moho, segmentînd-o și decroșînd-o pe sărituri între 5 și 15 km. Discontinuitatea Conrad este de asemenea ruptă și decroșată, dar pe sărituri mai mici (între 2 și 8 km). Cîmpul de falii median afectează doar pătura bazaltică și mantaua superioară, fiind parțial tangent altui cîmp de falii. Ultimul cîmp de falii din partea de NE a secțiunii, este rupt la nivelul discontinuității Conrad, iar segmentele produse sînt decalate pe orizontală la o distanță de peste 6 km. Se constată asimetria scoarței în raport cu geosinclinalul carpatic, precum și înclinările diferențiale ale cîmpurilor de fracturi crustale. Această imagine deține cheia succesiunii proceselor geotectonice, direcția ultimelor mișcări tangențiale care predomină pe cele radiale și care au condus la încrețirea păturii sedimentare și la ridicarea Carpaților Nordici (situație ne-reprodusă în figură).

Secțiunea B traversează, pe direcția S—N, aulacogenul Nipru-Donet (U.R.S.S.). Grosimea scoarței variază între 38 și 52 km. Scoarța conține toate trei păturile. Pătura bazaltică și pătura granitică au grosimi comparabile (între 5 și 15 km); cea sedimentară atinge circa 12 km în partea mediană a secțiunii. Secțiunea mai conține două cîmpuri de fracturi crustale și mai multe cîmpuri de falii locale. Cele două cîmpuri de fracturi crustale sînt responsabile de instalarea aulacogenului Nipru-Donet pe amplasamentul lui actual. Structura a evoluat sub forma unui graben lung de peste 1000 km, avînd la suprafață o lărgime de aproape 100 km. La baza scoarței, grabenul se îngustează la circa 65 km. Acumularea progresivă de sedimente în graben a impus deplasarea în jos a compartimentului de scoarță dintre cîmpurile de fracturi crustale care, intrat în zone cu condiții fizice favorabile, a sfîrșit prin a fi asimilat de mantaua superioară. Procesul a continuat activ, de jos în sus, la niveluri din ce în ce mai apropiate de supra-

față, producînd o subțiere accentuată a scoarței tocmai în zona de maximă îngroșare a păturii sedimentare. Același fenomen va fi întîlnit și în modelul următor.

Secțiunea C face parte din profilul care traversează Depresiunea Panonică, de la SV spre NE imediat la vest de localitatea Debrețin (R. P. Ungară). Depresiunea Panonică este instalată pe un masiv intern, circumscris de un arc muntos al catenei alpino-carpătice. Trecherile de la masivul central la zonele de orogen se fac prin cîmpuri de fracturi crustale care decroșează discontinuitatea Moho cu sărituri de pînă la 30—35 km (ceea ce nu se vede în secțiunea C). Grosimea scoarței pe acest segment scade lent de la 28 km, în partea de SV, la 23 km în partea de NE. Păturile bazaltică și granitică de-abia însumează o grosime medie de 15 km, în timp ce pătura sedimentară este de circa 10 km. Prin urmare, și aici, dar la scara întregii Depresiuni Panonice, procesul de sedimentare în regim de subsidență a fundului Mării Panonice, a fost însoțit de asimilarea scoarței de mantaua superioară, impunîndu-i una dintre cele mai mici grosimi întîlnite în Europa. Consecințele fizico-geologice ale acestui fenomen sînt dintre cele mai fericite pentru economia statului vecin. Să pomenim, doar, marea bogăție de ape termale pe care le are subsolul acestei mari unități geologice.

Secțiunea D face parte din profilul seismic care traversează de la N spre S vestul bazinului Mării Negre. El atinge țărmul R. S. S. Ucrainiană (U.R.S.S.) la est de Odessa și se plasează pe zona de maximă extindere a platformei continentale a Mării Negre⁵ situată în partea ei de NV. Grosimea scoarței scade de la N, unde are circa 30 km, spre S, unde atinge 18 km. Sub stratul de apă sînt înregistrate toate trei păturile componente ale scoarței. Pătura bazaltică se subțiază progresiv de la nord spre sud (între 8 și 4 km); cea granitică suportă o adevărată efilare (între 7 și 2 km), în timp ce pătura sedimentară prezintă o grosime constantă de circa 5 km. Dacă ținem seama că regiunea de NV a Mării Negre este o zonă activă de subsidență încă de la finele mio-plio-

⁵ MALOVITSKY P. Y., NEPROCHNOV P. Y., *Comparison of seismic and gravimetric data on Earth's crust structure of the Black Sea depression*, Vol. The structure of the Black Sea Depression, pp. 5—16, Izdatelstvo „Nauka“, Moskva, 1966.

cenului — fenomen activ și în prezent, evidențiat prin mișcări verticale negative ale scoarței terestre, cu amplitudini în jur de -1 mm/an^6 —, înțelegem că actuala scoară de tranziție provine dintr-o scoară continentală adaptată condițiilor care au dirijat evoluția pînă la stadiul actual al Depresiunii Euxinice.

Dacă se analizează segmentele de secțiuni seismo-geologice reproduse în figura 4, cu altele din literatura de specialitate, se remarcă, cu unele excepții, că structurile crustale ale unităților geotectonice de același tip au foarte multe părți comune, în timp ce regiunile distincte geotectonic prezintă diferențieri remarcabile. De aici decurge o concluzie de o importanță considerabilă care vizează relațiile strînse dintre structurile geologice de suprafață cu cele din adîncime, precum și similitudinea cauzelor geodinamice pe care le-au produs într-o regiune sau alta. În consecință, din investigarea diferențierilor structurilor adînci, aparținînd diferitelor tipuri sau subtipuri alăturate de scoară și din analiza lor corelativă, se pot desprinde natura și succesiunea proceselor geodinamice derulate în zonele adînci ale litosferei și reflectate inevitabil în structura geologică de la suprafață.

1.3. Fenomene fizice și metode geofizice de radiografiere

Evoluția și calitatea lucrărilor geofizice, indiferent de natura și scopul pentru care sînt întreprinse, se află în strînsă legătură cu perfecționările instrumentelor pe care le utilizează. Este ceea ce se petrece, dealtfel, cu lucrările oricărei alte științe. Procedeele de transpunere a măsurătorilor de teren în imagini sau clișee geofizice, prezintă grade de dificultate diferite de la o metodă de cercetare sau de prospecțiune geofizică la alta. Ceea ce ne va interesa va fi „clișeul geofizic” și conținutul fizico-geologic pe care îl poartă.

Sînt multe fenomene fizice folosite pentru radiografia geofizică. Cele mai numeroase sînt naturale, pro-

⁶ CIOCÂRDEL R., ESCA AL., *Essai de synthèse des données actuelles concernant les mouvements verticaux récents de l'écorce terrestre en Roumanie*, Rev. roum. géol., géophys., géogr., Série de Géophysique, 10, 1, 14—32, Bucarest, 1966.

prii Pământului, altele sînt provocate de om cu mijloace bine conduse și în scopuri bine determinate. Unele fenomene naturale se manifestă la scară planetară, deopotrivă în interiorul și la exteriorul globului terestru, altele se formează și activează în anumite zone ale planetei, foarte mari sau foarte restrinse, mai adînci sau mai puțin adînci. Din prima categorie amintim cîmpul gravitației, cîmpul geomagnetic, undele elastice produse de macrocutremure și geotermalismul; din a doua, radioactivitatea și curenții telurici, ca fenomene prezente și active în întreaga litosferă, apoi fenomenele termice și mai ales cele electrice locale, produse în partea superficială a scoarței și în anumite condiții geologice, de procese electrochimice, electrocinetice și electrofiltrație. Fenomenele fizice provocate și folosite în radiografierea geofizică sînt cutremurele de pămînt artificiale și cîmpurile electrice produse în subsol prin introducerea dirijată a curenților continui sau alternativi doriți.

Fenomenele fizice naturale și provocate enumerate se manifestă sub formă de *cîmpuri*, de *unde* și de *radiații*. Undele elastice, ca produse ale cutremurelor de pămînt naturale sau provocate, radiațiile ca produse ale dezintegrării radioactive, precum și undele și radiațiile electromagnetice, se dezvoltă în spații care pot fi delimitate cantitativ. Pentru acest motiv, există tendința, într-un fel improprie, de a se numi „cîmp de unde elastice” sau „cîmp de radiații”, domeniile în care se produc și se propagă undele elastice sau se găsesc prezente radiațiile.

Fundamentarea fizică a metodelor de cercetare și de prospecțiune geofizică constă pentru fiecare, din două elemente (un fenomen fizic și o proprietate fizică a rocilor):

— *gravimetria*, cîmpul gravitației și densitatea rocilor;

— *magnetometria*, cîmpul geomagnetic și proprietatea magnetică a rocilor (apreciată cantitativ și indirect prin susceptibilitatea magnetică);

— *electrometria*, un fenomen electric natural sau provocat și proprietatea electrică a rocilor (definită cantitativ, în general prin rezistivitatea electrică);

— *seismica*, unde elastice provocate și proprietatea elastică a rocilor (substituită prin „viteza de propagare“ a undelor elastice);

— *radiometria*, radiațiile provenite de la elementele și substanțele radioactive și proprietatea radioactivă a rocilor;

— *termometria*, fenomenul geotermic și proprietatea termică a rocilor (definită cantitativ, în cele mai multe cazuri, prin conductivitatea termică).

Metodele geofizice enumerate, la care mai adaug și practica milenară „dowsing“ (=radiestezie, baghetism, biofizică), sînt aplicate, cu acomodările necesare, la rezolvarea tuturor problemelor ce revin *Geofizicii generale*, preponderent fundamentală (v. tabelul 1) și *Geofizicii aplicate*, preponderent practică (v. tabelul 2). Ambele tabele ne scutesc, credem, de a face o prezentare, cît de sumară, a vastului domeniu pe care îl ocupă în prezent geofizica în cadrul științelor contemporane. Totuși este bine să precizăm că observațiile geofizice se fac în puncte fixe (observatoare geofizice permanente sau temporare) sau în rețele de stații ad-hoc, cu desimi ce pot varia după natura și scopul cercetării, extinse pe teritorii mari, pînă la suprafața întregului glob terestru sau reduse pînă la arii foarte mici.

1.4. Radiografierea geofizică a zonelor adînci ale scoarței terestre

Cercetarea interiorului Pămîntului prin intermediul cîmpurilor fizice a fost întrevăzută ca o posibilitate încă de la finele sec. XIX. Transpunerea în fapt a cercetărilor geofizice pentru zone mai adînci decît cele obișnuit investigate de prospecțiunea geofizică revine sec. XX, cu deosebire ultimelor decenii, cînd s-a înregistrat o adevărată explozie de lucrări efectuate cu mereu mai multe procedee cu rază mare de investigare, evolute și adaptate în cadrul metodelor seismice, gravimetrice, magnetice și electrice. Pe plan mondial, cercetarea structurii scoarței de tip continental și de tip oceanic constituie una dintre cele mai importante activități contemporane ale geofizicii aplicate. Metodele aplicate pentru asemenea rezolvări au ridicat și continuă să ridice nu-

Geofizica generală : ramuri, domenii, obiective și probleme

Ramuri	Discipline	Fenomene, obiective și probleme
I. GEOFIZICA PĂMÎNTULUI SOLID	1. Gravimetria	Studiul cîmpului gravific și în legătură cu el: forma Pămîntului, echilibrul crustei terestre, structura scoarței, mările terestre ș.a.
	2. Geomagnetismul	Studiul cîmpului magnetic terestru: repartiția în spațiu și variația lui în timp, natura fizică și cauzele care îl produc și îl modifică, paleomagnetismul ș.a.
	3. Geoelectricitatea	Studiul cîmpului electric terestru și cauzele care îl produc la diferitele niveluri de organizare a materiei în interiorul globului; curenții telurici; niveluri conductoare electric în interiorul planetei ș.a.
	4. Georadioactivitatea	Radioactivitatea Pămîntului și fenomenul dezintegrării naturale; determinarea vîrstei absolute a Pămîntului și a rocilor litosferei ș.a.
	5. Seismologia	Studiul cauzelor și al mecanismului de producere a cutremurelor de pămînt; propagarea undelor elastice în interiorul planetei; structura internă a Pămîntului dedusă din particularitățile de propagare a undelor elastice; intensitatea, magnitudinea și energia cutremurelor; seismicitatea Pămîntului; seismotectonica; prevederea și prevenirea avariilor cauzate de cutremurele de pămînt ș.a.
	6. Geotermia	Studiul căldurii interne a Pămîntului; bilanțul termic al

(1)	(2)	(3)
		planetei; mecanismele de transfer ale căldurii ș.a.
	7. Tectonofizica	Studiul forțelor interne terestre și al deformărilor produse de ele în scoarța terestră; procesele de interdependență dintre scoarță și manta (tectonosfera) ș.a.
II. HIDROFIZICA (fizica învelișului lichid al Terrei)	1. Oceanografia fizică	Studiul fizic al Oceanului Planetar; topografia ascunsă a bazinelor și bogățiilor acumulate pe fundul lor; ansamblul fenomenelor fizice active în lungul dorsalelor medio-oceanice care fundamentează conceptul de expansiune a fundului oceanic ș.a.
	2. Hidrologia	Studiul apelor interne, continentale și a circuitului acestor ape ș.a.
III. AEROFIZICA (fizica învelișului gazos al Terrei)	1. Fizica atmosferei	Studiul fenomenelor din învelișul gazos inferior al Pământului: temperatura și presiunea aerului; nebulozitatea și precipitațiile; deplasările maselor de aer; rolul energiei solare revărsată în atmosferă ș.a.
	2. Aeronomia	Studiul fenomenelor complexe din ionosferă și exosferă; fotodinamica și comportarea în câmpul geomagnetic al maselor gaze; propagarea undelor radio ș.a.

merore probleme de ordin teoretic, instrumental și metodologic.

Eficacitatea procedeeleor în practică, din punctul de vedere al prognozelor geologice fundamentate științific, crește în măsura gradului de conjugare sau de complexare a lor în procesul de cercetare. Socotim necesară o

Geofizica aplicată: ramuri, domenii de aplicabilitate, tipuri de metode utilizate, obiective și probleme

Ramuri	Domenii de aplicabilitate	Metode folosite
I. PROSPECȚIUNI GEO-FIZICE	1. Cercetări regionale și de recunoaștere fizico-geologică	a) Metode în câmpuri naturale: gravimetria, magnetometria, radiometria, termometria, parțial electrometria, dowsing-ul; b) Metode în câmpuri provocate: seismometria și parțial electrometria.
	2. Prospeccțiuni geofizice propriu-zise	Toate metodele, grupate pe tipuri de probleme geologice (țitei, minereuri feroase și neferoase, sare și cărbuni, zăcăminte nemetalifere, sedimentologie și cartare geologică ș.a.).
II. GEOFIZICA DE ȘANTIER (sau geofizica industrială)	1. Geofizică inginerască (în geotehnică)	Informativ și calitativ, toate metodele; în special și în mare măsură cantitativ, rezistivimetria și seismica.
	2. Arheologia	Magnetometria, electrometria și gravimetria.
	3. Geofizica de sondă (carotajul geofizic)	a) Cunoașterea secțiunii geologice a sondeilor forate, prin carotajul: electric, radiometric, acustic, termometric, gravimetric, magnetic; b) Înclinarea stratelor (pandajmetrie) și limita țitei/ape de zăcămint: radiometrie neutron-neutron sau gama-gama; c) Controlul tehnic al forajului: variația diametrului găurii de sondă (cavernometrie); cimentare (termometrie, acustic de atenuare, radiometrie gama-gama ș.a.); viituri de ape în spațele coloanei (termometrie, radiometrie în varianta izotopilor gama-radioactivi); d) Determinarea prezenței hidrocarburilor în noroiul de foraj: gazcarotajul (pentru hidrocarburile gazoase) și carotajul luminiscent (pentru hidrocarburile lichide și solide).

trecere în revistă a metodelor geofizice folosite atît pe plan internațional cît și la noi, pentru cercetarea zonelor adînci ale scoarței terestre.

Metode seismice. Metodele seismice adaptate pentru studiul descifrării structurii adînci a scoarței terestre și chiar a mantalei superioare, oferă pînă în prezent, cele mai ample și mai sigure informații. Aceste informații provin din studiul propagării undelor seismice cauzate de cutremure naturale sau de explozii provocate. În cazul cutremurelor de pămînt, informațiile sînt mai generale și privesc zone de mare adîncime în interiorul Pămîntului; în cazul cutremurelor provocate prin explozii, informațiile au un grad mai ridicat de detaliere și se referă în special la litosferă. Pentru oricare dintre procedeele seismice, succesiunea operațiilor de teren începe cu producerea exploziilor seismice și se încheie cu înregistrarea undelor refractate și reflectate. Operațiunile de teren și succesiunea acestora sînt aproape identice cu cele efectuate la măsurătorile prin seismica de refracție obișnuită. Ceea ce le diferențiază stă în amploarea și gradul lor de dificultate. Ansamblul acestor operații a căpătat denumirea de *sondaj seismic de profunzime* (S.S.P.) sau mai recent *seismologie cu sursă controlată*. În general, exploziile se produc la distanțe mari (100—500 km) de locul dispozitivelor de înregistrare, fapt care ridică probleme dificile pentru marcarea momentului de explozie (=originea timpului de sosire la sol a undelor refractate și reflectate pe suprafețele seismice din subsol). Înregistrarea undelor se face cu aparatură special adaptată scopului urmărit de cercetare.

Aproape toate țările cu activitate geofizică importantă au introdus și dezvoltat lucrările de sondaj seismic de profunzime. Costul ridicat a impus, pentru realizarea lor și cu rezultate cît mai eficiente, un regim aproape generalizat de cooperare internațională. Starturile s-au definit la diferite congrese ale geofizicienilor, unde s-au stabilit trasee de profile care traversează teritoriile mai multor state și care, în ansamblu, asigură o acoperire cît mai uniformă pe suprafața unui continent sau ocean. Multe din aceste profile au fost executate, iar rezultatele lor se găsesc publicate sub formă de secțiuni seismice de adîncime. Pe aceste secțiuni se

pot citi și urmări adâncimea și morfologia discontinuităților Conrad și Moho, variațiile de grosime și morfologia păturilor constituente ale scoarței, cîmpurile de fracturi crustale care o afectează, precum și alte limite de discontinuitate în interiorul scoarței.

Metode gravimetrice și magnetice. Pentru studiul litosferei (pe întreaga ei grosime, de gravimetrie; pînă la suprafața geotermică Curie, de magnetometria clasică), informațiile ambelor metode sînt luate în considerație cu valoare de informații auxiliare, în special pentru ridicarea ambiguităților de interpretare (alegerea soluției compatibile, în cazul unor informații seismice principiale dar contradictorii), precum și la întregirea imaginii relativ schematice la care conduc metodele seismice singure.

Aplicabilitatea gravimetriei la studiul scoarței terestre se bazează pe considerentul simplificator al contrastului unic de densitate dintre scoarță și mantaua superioară. Cum acest contrast se realizează, principial, pe discontinuitatea Moho, rezultă și posibilitatea teoretică de determinare atît a morfologiei ei cît și a grosimii scoarței. Integrarea informațiilor gravimetrice pentru zonele adînci sau pentru cele de tranziție (continent-ocean), cu informații seismice, geotermice și chiar radiometrice au condus la obținerea unor concluzii importante în legătură cu raporturile statice și dinamice din aceste zone (starea de tensiuni, sugestii pentru înțelegerea mecanismelor de producere a faliilor etc.). O contribuție importantă a cartărilor gravimetrice constă în punerea în evidență și a localizării faliilor de diferite ordine de extindere la suprafață și în adîncime.

Dacă magnetometria la sol sau în aer a oferit mari contribuții privind raionarea magnetică-petrografică a „fundamentului cristalin” din scoarța de tip continental, aeromagnetometria a adus mari servicii, în special, la cunoașterea scoarței oceanice. Ea a pus în evidență, faptul binecunoscut astăzi, că de o parte și de alta a dorsalelor medio-oceanice se succed benzi de anomalii magnetice de maxim și de minim, după o simetrie aproape perfectă. Aceste anomalii corespund, într-o primă imagine, la blocuri foarte lungi și relativ subțiri și cu fețele laterale aproape verticale în interiorul scoar-

ței oceanice, între fundul oceanului și adâncimea izotermei Curie, posesoare de magnetizări alternative *directe* (cele de maxim) și *inverse* (cele de minim), ca rezultat al injectărilor continui de material bazaltic în lungul grabenului central al dorsalei, consolidate ca dyke-uri și care au căpătat magnetizarea corespunzătoare cîmpului geomagnetic existent în timpul răcirii lor.

La metodele magnetice clasice s-a adăugat recent metoda *sondajului magnetic de adâncime*. Această metodă înlătură restricția impusă de geoterma Curie; dacă sub această geotermă, contrastele magnetice dispar, cele corespunzătoare variațiilor rezistivității electrice continuă să existe și să intervină în manifestările cîmpului geomagnetic. Pe baza lor, sondajul magnetic de adâncime a căpătat o aplicare largă la determinarea principalelor trăsături ale structurii scoarței și mantalei superioare a Pămîntului.

Metode electrice. Dintre numeroasele procedee electrometrice existente în serviciu, doar cîteva au aplicații de cercetare pentru zonele de mare adâncime ale scoarței terestre. Sectoarele de activitate și metodele utilizate sînt următoarele:

Pentru zonele de mare adâncime, respectiv pentru studii generale referitoare la proprietățile electrice ale scoarței, procedeul recent este *sondajul magnetoteluric*.

Pentru cartarea reliefului fundamentului bazinelor sedimentare sînt folosite metodele rezistivimetrice, metoda curenților telurici, precum și profilarea magnetotelurică.

Sondajul magnetoteluric se bazează pe stabilirea raporturilor de fază și de amplitudine ale oscilațiilor componentelor orizontale ale curenților telurici și ale cîmpului geomagnetic, prin utilizarea unui spectru larg de perioade ale oscilațiilor cîmpului electromagnetic terestru. Cu ajutorul raporturilor stabilite prin măsurători de lungă durată (în observatoare permanente sau temporare), se determină rezistivitățile medii ale diferitelor strate din constituția litosferei. Un astfel de rezultat va fi prezentat în subcapitolul următor (1.5.).

Varianta de teren a sondajului magnetoteluric, profilarea magnetotelurică, oferă pe o cale relativ simplă, rapidă și ieftină, informații comparabile calitativ cu cele date de seismica refracție, obținute mult mai lent și

mai costisitor, pentru cercetarea reliefului bazinelor sedimentare.

Enumerarea sumară a metodelor geofizice destinate studiului litosferei sau unor părți ale ei, este departe de a epuiza numeroasele probleme care întrețin atenția specialiștilor angajați în astfel de lucrări. Aceste probleme se referă deopotrivă la perfecționarea aparaturii de lucru pe teren sau de prelucrare a datelor în laboratoare, a tehnicilor de înregistrare și mai ales a metodologiilor de interpretare integrată a datelor obținute.

1.5. Observatoare geofizice pe teritoriul României

Fenomenele meteorologice din natură și zguduirile scoarței terestre, adesea foarte violente, rămase încă nestăpînite și în imposibilitate de a fi prevăzute, au fost primele manifestări care au impus omului ideea de a le studia continuu și riguros. Se cerea, deci, organizarea unor observații sistematice numeroase, cu aparate cît mai sensibile și mai perfecționate, desfășurate în perioade cît mai lungi de timp, pentru a surprinde prin înregistrări, calcule și confruntări, toată gama lor de manifestare, condițiile în care se produc, intensitatea și periodicitatea lor etc. Așa au luat ființă observatoarele geofizice în diferite țări ale lumii, începînd cu acelea unde asemenea manifestări naturale produceau distrugerii catastrofale. Încă de la înființarea lor, s-a simțit necesitatea unei cooperări cît mai largi între observatoare, cît mai multe, ajungîndu-se pînă la înființarea unor organisme cu caracter internațional, unde, prin colectarea și prelucrarea datelor înregistrate, reuniuni periodice și confruntări de rezultate semnificative, să se ajungă la stabilirea de relații logice între fenomenele observate, să fie explicate și, pe cît posibil, să poată fi cunoscut cu anticipație momentul declanșării lor.

Pentru teritoriul României se găsesc numeroase consemnări în documentele oficiale, în scrieri de cronicari, chiar în lucrări literare, din care ajung pînă la noi ecouri ale unor manifestări de fenomene fizice terestre, totdeauna cele însoțite de calamități, descrise adesea cu exagerări și denaturări sau chiar cu unele interpretări tendențioase. Distrugerile catastrofale în urma marilor

cutremure de pământ sau efectele nimicitoare ale unor fenomene atmosferice (secete, grindină, geruri excepționale, ninsori abundente, ploi torențiale urmate de inundații etc.) au fost însoțite, adesea, de multe victime omenești, continuate uneori de molime ucigătoare. Ori, toate aceste manifestări naturale, urmate de atâtea stricăciuni și deznădejde, au îndemnat mințile mai luminate să le înțeleagă, să le explice și, în limita posibilităților, să fie definite și să le îndepărteze urmările nefaste. Așa au apărut și la noi preocupări sporadice, în sec. XVIII, mai frecvente în sec. XIX, întreprinse mai întâi pe cont propriu, mai apoi organizate de unele autorități locale.

Primele unități de observație constituite și înzestrate cu instrumente pentru determinări cantitative ale mărimilor specifice urmărite, au fost stațiile meteorologice de la Cluj (1833), Sibiu (1851), București (1857), Sulina (1859) ș.a. La înființarea Institutului meteorologic al României (1884), pe teritoriul țării, funcționau doar 3 stații meteorologice și 11 stații pluviometrice. În 1907, existau 414 unități meteorologice (din care 66 erau stații climatologice și 348 posturi pluviometrice). Nu numai atît, energiei și perseverenței lui Șt. Hepites, primul director al acestui institut, se datorează organizarea sistematică a cercetărilor geofizice de observator, pe triplu plan: meteorologic, seismologic și geomagnetic. A fost un început foarte rodnic, care a căpătat valențe mereu sporite pe parcursul anilor sec. XX.

Pentru ilustrarea acestei activități ample, redăm în figura 5, amplasamentele observatoarelor, stațiilor și laboratoarelor geofizice (seismologice, geomagnetice și curenți telurici, gravimetrice) care funcționează în prezent pe teritoriul României, iar în tabelul 3 unele date în legătură cu ele (localitatea, coordonate geografice, anul intrării în funcțiune, instrumente folosite în cercetare), așa cum rezultă din publicații recente. În lumina acestor date, vom încerca să reliefăm unele aspecte ale acestei activități complexe, prin aspecte de organizare și mai ales prin contribuțiile importante aduse pentru cunoașterea Pământului, din punctul de vedere al Geofizicii generale.

Activitatea din domeniul fizicii atmosferei. Această activitate este organizată și condusă prin două institute

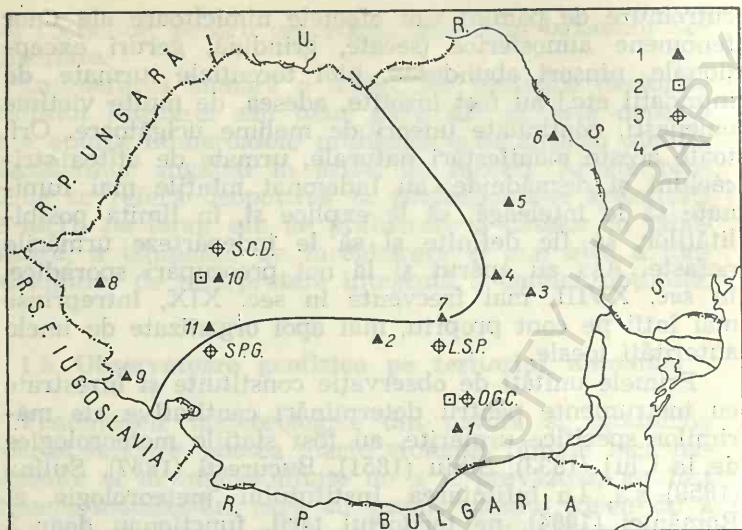


Fig. 5 Rețeaua de observatoare, stații și laboratoare geofizice în funcțiune în anul 1975, pe teritoriul României. Pentru explicații a se vedea tabelul 3:

1, observatoare seismologice; 2, observatoare geomagnetice; 3, observatoare geogravimetriche; 4, axa Carpaților.

centrale : Institutul de meteorologie și hidrologie (București-Băneasa) și Institutul de fizica atmosferei (București-Afumați), ultimul înființat în anul 1949.

În prezent, rețeaua meteorologică se compune din 1200 posturi meteorologice, 162 stații meteorologice, 3 observatoare aerologice și 7 centre meteorologice de prevedere a timpului. Un număr din stațiile meteorologice funcționează pe culmile înalte ale Carpaților. Activitatea acestor unități de observare și de cercetare este organizată teritorial în 7 sectoare (cu centrele în București, Iași, Craiova, Timișoara, Sibiu, Cluj-Napoca și Oradea). Toate sînt instalate pe platforme special amenajate și echipate cu instrumente adecvate programului de observații climatologice. Dintre obiectivele cu caracter regional fac parte mai multe programe ca: sinoptic și climatologic de observație, de sondaj aerologic cu baloane pilot, de protecție a navigației aeriene, de determinare a radioactivității mediului ambiant, cel

Rețeaua de observatoare, stații și laboratoare geofizice pe teritoriul României, aflate în funcțiune în anul 1975 *.

N°	Stații geofizice	Coordonate geografice		Instrumente
		Latitudine (nord)	Longitudine (est)	
1	București	44°25'	26°06'	Galitzin — NS, EV Kirnos — Z Mecanic — NS, EV (540 și 450 kg) — NS
2	Cîmpulung	45°16'	25°02'	Hiller — NS, EV, Z Mecanic (450 kg) — NS, EV
3	Focșani	45°42'	27°11'	Hiller — Z Mecanic (105 kg) — NS, EV
4	Vrîncioaia	45°52'	26°44'	VEGIK — NS, EV, Z Mecanic (105 kg) — NS, EV
5	Bacău	46°34'	26°54'	VEGIK — NS, EV, Z Mecanic (105 kg) — NS, EV
6	Iași	47°11'	27°34'	VEGIK — NS, EV, Z Kirnos — Z Mecanic (450 kg) — NS, EV
7	Cheia (Ciucas)	45°28'	25°57'	
8	Timișoara	45°45'	21°14'	VEGIK — NS, EV, Z Kirnos — NS, EV, Z Mecanic (450 kg) — NS, EV (200 kg) — NS, EV

* Cutremurul de pământ de la 4 martie 1977 și urmările lui au impus un plan amplu de dezvoltare a cercetărilor de fizica globului terestru pe teritoriul României, concretizate printr-o altă, prin completarea rețelei de stații seismologice, observatoare geofizice complexe și de extindere a sistemului de înregistrare automată a mișcărilor seismice puternice, precum și prin amplificarea cercetărilor experimentale pe diferite tipuri de structuri geologice aflate pe teritoriul național, dezvoltarea tehnicilor de calcul etc.

Astfel, în cadrul „Proiectului pentru cercetarea seismicității regiunii balcanice” (UNDP/ UNESCO), se găsesc în curs de instalare și de punere în funcțiune următoarele patru grupe de stații seismologice și observatoare geofizice complexe: (1) *Istrița* (lingă Buzău) și *Cărcăliu* (lingă Măcin) care vor funcționa cu echipamente de fabricație R.F.G. și cu telemetrare a datelor seismice la centrala de înregistrare de la București-Măgurele; (2) *Baia Mare*, *Carei*, *Medias*, *Drăgășani*, *Birlad*, *Solca* și *Cluj-Napoca*, stații care vor fi echipate cu aparate de fabricație R.P. Chineză; (3) *București-Măgurele*, echipată cu aparate de fabricație R.P. Chineză și cu o centrală de înregistrare telemetrică a seismelor transmise de la diferitele stații seismologice din țară și (4) observatoare geofizice complexe (seismologice, geogravimetrice, geomagnetice etc.) la *Odobești* (care, în timp, va înlocui actuala stație de la Focșani) și la *Buziaș* (care va completa actuala rețea de stații de cercetare geofizică din Banat—Timișoara).

N°	Stații geofizice	Coordonate geografice		Instrumente
		Latitudine (nord)	Longitudine (est)	
9	Sasca- Șușara	44°53'	21°42'	VEGIK — NS, EV, Z SMK — NS, EV, Z
10	Deva	45°22'	22°55'	VEGIK — NS, EV, Z Kirnos — Z
11	Gura Zlata	45°,5	22°,8	
1	Observato- rul geofizic Surlari	40°40',8	26°15',2	Teodolite și Înregistratoare inductor teres- D, H și Z As- tru Mating- kania, Mating- Wiesenberg Wiesenberg și Bobrov
2	Stația de înregistrare geomagne- tică Deva	45°53'	22°55'	Înregistrator As- kania pentru D, H și Z
OGC	Observatorul gravimetric Căldărușani	44°40'	26°16'	În cameră termostată: 2 gra- vimetre tip GS-11 cu sensibili- tatea de 10 ⁻⁵ gal/cm, unul cu înregistrare fotogalvanometrică, al doilea, potențiometrică.
LSP	Laboratorul Slănic- Prahova**	45°20'	25°54'	Extensiometre de cuarț pentru cercetări geodinamice experi- mentale. Instalate la 230 m adâncime, salină veche (cameră de 200 × 32 × 70 m).
SPG	Stația Pa- deș-Cloșani (peștera Clo- șani)	45°05'	22°48'	Înregistrări clinometrice de maree cu 3 perechi de pendule de cuarț orizontale (o pereche Verbaandert-Melchior și două perechi de construcție româ- nească).
SCD	Stația Cră- ciunești- Deva (în mi- nă veche abandonată)	46°01'	22°53'	Înregistrări clinometrice expe- rimentale până la stabilizarea instalațiilor, conținând trei pe- rechii de penduli de cuarț ori- zontali și un extensiometru, toate de construcție românească.

** Activitatea laboratorului geogravimetric instalat în una din salinile de la Slănic-Prahova, a fost suspendată temporar, din anul 1975. Ea își va relua activitatea la o dată convenabilă instalațiilor sanatoriale din incintele complexului de salină în cauză.

agrometeorologic ș.a. Sinteza pe plan național a datelor de observație se realizează la Institutul meteorologic central din București, echipat în acest scop cu mașini analitice de calcul, cu radar meteorologic, cu stație de captare a imaginilor televizate și transmise de sateliții meteorologici artificiali ș.a.

Din anul 1954, Institutul meteorologic întocmește „Buletinul meteorologic zilnic“, în care este prezentată harta sinoptică, situația atmosferei din Europa și din țară, precum și prevederi pe diferite intervale de timp și regiuni fizico-geografice. În paralel, se întocmeau Buletine lunare meteorologice, iar din anul 1960, sînt publicate Anuare meteorologice care, printre alte obiective științifice, servesc ca instrumente de schimb științific cu instituții similare din străinătate. Din anul 1964 apare și un anuar agrometeorologic complex. Dealtfel, Institutul meteorologic este înscris din 1948, la Organizația meteorologică mondială, în cadrul căreia duce o susținută activitate de cooperare.

Caracterul accidentat al reliefului României, dominat de sistemul complex al Carpaților, precum și de poziția țării față de principalele componente ale circulației generale a atmosferei, impune *climei* o gamă largă de manifestări diversificate și cu particularități variabile în spațiu și timp, datorită proceselor și fenomenelor atmosferice care se produc și se derulează în atmosfera joasă. Pentru cunoașterea acestor componente, Institutul meteorologic a întocmit și publicat, între 1949 și 1954, trei fascicule din Atlasul climatologic al României, cu hărți de repartiție a precipitațiilor atmosferice, a temperaturii aerului, vitezei vîntului ș.a. Concomitent, a realizat o prelucrare sistematică a datelor de observație efectuate pe întreg teritoriul țării în ultimii 60 de ani (perioada 1896—1955).

Unul din obiectivele importante ale programului de cercetări al Institutului de fizica atmosferei (București-Afumați), este și studiul radiației solare, respectiv a factorilor radiativi. Se știe că radiația solară comportă transformări diferențiate atît în atmosferă cît și pe suprafața terestră, constituind o sursă energetică primară necesară dezvoltării proceselor fizice și biologice din biosferă. Studiul factorilor radiativi comportă cunoaște-

rea particularităților regimului și repartiției radiației solare, precum și a componentelor bilanțului radiativ și caloric. Se înțelege că datele obținute asigură rezolvări la numeroase probleme teoretice și practice de mare importanță.

Participarea României la lucrările Anului Geofizic Internațional (1 iulie 1957—31 decembrie 1959), a angajat Institutul de fizica atmosferei la organizarea mai multor stații actinometrice în diferite regiuni ale țării (pe platforme de stații meteorologice). Din datele de înregistrare s-au obținut, cu caracter orientativ, primele indicații asupra particularităților principale ale regimului radiației solare (directă, difuză și reflectată), ale radiației efective (diferența dintre radiația emisă de suprafața activă și cea emisă de atmosferă spre Pământ) și ale bilanțului radiativ (rezultanta schimbărilor de energie radiantă la nivelul suprafeței terestre). În figura 6 este reprodus, ca exemplu, clișeu geofizic cu zonări de egale intervale ale sumei anuale a radiației solare totale (directă și difuză), raportate la unitatea de suprafață orizontală (Kcal/cm^2). Pentru regiunile unde lip-

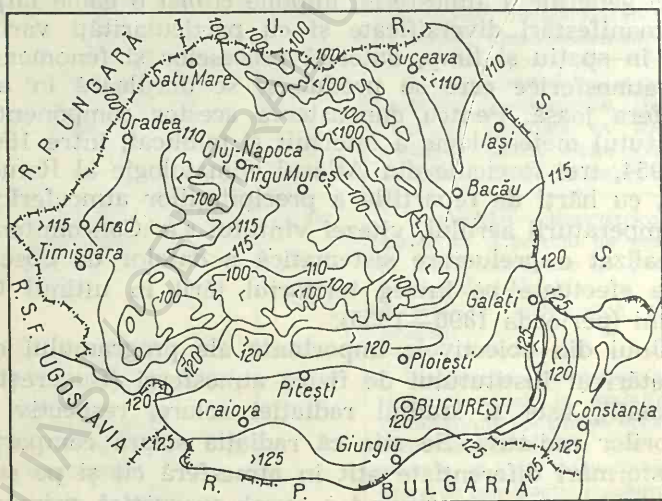


Fig. 6 Harta cu zonări de egale intervale ale sumei anuale a radiației solare totale (în Kcal/cm^2) pe teritoriul României (după D. Țișteanu, 1961).

seau determinări actinometrice, autorul⁷ a completat imaginea folosind în calculul sumei radiației totale, valorile nebulozității. Pentru a înțelege semnificația acestei imagini geofizice, să reținem că sumele anuale ale radiației solare sînt influențate în repartitia lor teritorială, în funcție de latitudine, de regimul norilor și al ceței, de întregul complex al condițiilor meteorologice fizico-geografice. De asemenea, să reținem că sumele lunare extreme ale radiației solare totale, pentru teritoriul României, corespund lunii iunie (solstițiul de vară), cînd poate depăși 23 Kcal/cm^2 , și lunii decembrie (solstițiul de iarnă), cînd poate ajunge la $5,5\text{—}7,0 \text{ Kcal/cm}^2$. Harta ne arată că sumele anuale minime se găsesc pe zonele înalte muntoase, scad progresiv în zonele de dealuri și coline, pentru a atinge valori maxime în regiunile joase și de cîmpie. Pentru aceeași regiune, sumele anuale pot avea valori mult schimbate mai ales sub influența regimului norilor. De pildă, la București, în 11 ani de observații actinometrice, au fost determinate variații de la 116 Kcal/cm^2 în anul 1955, la 135 Kcal/cm^2 în 1956. Pe culmile munților, diferențele acestor valori, pot fi și mai accentuate.

Activitatea din domeniul seismologiei. Activitatea seismologică este organizată și condusă de un serviciu seismologic care a luat ființă din 1892, pe lîngă Institutul meteorologic (București-Filaret), datorită lui Șt. Hepites, și care se continuă în prezent, în cadrul Centrului de fizică a Pămîntului și seismologiei (București-Măgurele). La început, observațiile seismice s-au efectuat în cadrul unei vaste rețele de posturi macroseismice, organizate pe lîngă 320 stații meteorologice. În prezent, această activitate se desfășoară pe o rețea formată din 11 stații seismice echipate modern (fig. 5 și tabelul 3), operă realizată aproape în întregime de marele seismolog român G. Demetrescu.

Primul pendul seismic, de tip Tacchini, a fost instalat în anul 1895, urmat de alți penduli mecanici de tip Bosch (1902), care au funcționat pînă în 1921. Din 1928 au fost preluați de Observatorul din București, unde au continuat să funcționeze pînă în 1935. Îi amintim și pen-

⁷ ȚIȘTEA D., *Calculul radiației globale pentru teritoriul R.P.R.*, Rev. Meteor., Hidrol., Gosp. ape, 1, București, 1961.

tru faptul că au trecut în istoria seismologiei mondiale, cînd datele înregistrate de ei pentru cutremurele din zona epicentrală Vrancea, au fost utilizate de celebrul seismolog englez H. Jeffreys, împreună cu datele altor cutremure din patru zone epicentrale (din estul Mediteranei, Afghanistan, estul Siberiei — U.R.S.S. și Japonia), în scopul dovedirii existenței cutremurelor de pămînt adînci, idee care pînă atunci fusese combătută aprig de geologi⁸. Confirmarea existenței cutremurelor cu focar adînc, rezultat spectaculos în lumea geostiintelor, a impus ca obligație studierea „adîncimii focale” pentru cutremure mai adînci de 25 km.

Rețeaua celor 320 stații macroseismice, parte componentă din opera lui Șt. Hepites, a fost prima de acest fel din lume, dată ca exemplu și imitată efectiv de organizațiile seismologice din alte țări. Cu ajutorul ei, s-a adunat un material de observații macroseismice, vast și valoros, publicat cu regularitate în *Analele Institutului meteorologic* și care au fost utilizate de numeroși cercetători din țară cit și de savanți străini, printre care și de renumitul seismolog-geolog A. Sieberg. Șt. Hepites a publicat și în *Analele Academiei Române*, 13 studii sub titlul „*Materiale pentru seismografia României*”, cu privire la cutremurele de pămînt produse pe teritoriul național între anii 1883—1906.

În anul 1934, G. Demetrescu, ajutat de mecanicul M. Marcopol, a proiectat și construit în atelierul Observatorului din București, doi penduli mecanici cu masele de 540 kg, cu amplificări statice de 160—180 și cu amortizare cu aer. Ambii penduli au fost instalați în subsolul Observatorului și de atunci funcționează fără întreruperi. Pe baza înregistrării lor, s-a început din anul 1935, publicarea *Buletinului seismic al Observatorului din București* (semestrial, în primul an; lunar, în următorii). Așa cum este recunoscut, anul 1935 reprezintă începutul unei noi perioade de organizare și de cercetare a activității seismice din România. Buletinul seismic a stabilit legături continue cu peste 100 de stații seismografice din lume, contribuind la un schimb

⁸ DEMETRESCU G., *Serviciul seismologic al Observatorului din București. Notă istorică*, Acad. R.P.R., Stud. cerc. Astronom., Seismolog., 1, București, 1956.

activ de publicații care constituie baza unicei biblioteci seismice din țară. Este de notat că prima subvenție oficială pentru stația seismică din București, de 50 000 lei, datează din 1939, fiind înscrisă în bugetul Facultății de științe din București.

După cutremurele puternice din Vrancea, din anul 1940 și în special acela din 10 noiembrie, s-a acordat o mai mare importanță studiilor seismologice și sprijin material pentru organizarea stațiilor seismice distribuite în jurul zonei epicentrale Vrancea: Focșani (1942), Cîmpulung (1943), Iași (1951), Bacău (1951) și Vrîncioaia (1952). La 1 martie 1943, funcționau 13 penduli seismici. În 1953 se aflau în serviciu 15 penduli seismici, dintre care 12 erau construiți de M. Marcopol. Mult mai târziu, s-a adăugat la acest grup, stația seismică Cheia, din Masivul Ciucaș, construită de statul român și dotată parțial de PNUD (Programul Națiunilor Unite pentru Dezvoltare), organism ONU, în cadrul temei internaționale de cercetare „seismicitatea regiunii balcanice”.

În partea de vest a țării, rețeaua cuprinde patru stații seismice: Timișoara (1942) și Sasca-Șusara (1970), ambele aparținînd de Universitatea din Timișoara; Deva (1970), pusă în funcțiune de fostul Institut de geofizică aplicată și Gura Zlata care aparține Academiei R. S. România.

Odată cu adunarea și inventarierea seismogramelor, a început laborioasa activitate de prelucrare și de studiere a cutremurelor de pămînt înregistrate, în special cele produse pe teritoriul României. Pentru amplificarea studiilor, a fost organizat un schimb activ de seismograme cu alte observatoare seismice de peste graniță. Lui G. Demetrescu îi revine meritul de-a fi pus baze temeinice, teoretice și tehnice, pentru studiul cutremurelor adînci din Vrancea. Lui și colaboratorilor pe care i-a format, i se datorează dezvoltarea modernă a seismologiei românești.

Pentru intervalul 1935—1955 au fost analizate iar rezultatele publicate în cele 20 de Buletine seismice, pentru 4735 cutremure de pămînt produse pretutindeni pe glob și înregistrate de stațiile seismice românești. Dintre acestea, 113 proveneau din focarul din Vrancea, 3 din focarul din Cîmpulung, 2 din Banat de lîngă localitatea Periam, 5 din focarul din regiunea Rîmnicu

Sărat și alte cîteva. Acest tip de preocupare a continuat, perfecționîndu-se, pînă în prezent.

Iată la ce imagine, deosebit de importantă pentru cunoașterea distribuției în adîncime a focarelor vrîncene (fig. 7), ajunge cercetătorul C. Radu⁹, prin studiul activității seismice pe teritoriul României din intervalul 1956—1970. Se au în vedere 110 cutremure, din care 17 cu magnitudini¹⁰ $M < 4$; iar 82 de seisme s-au produs în regiunea Vrancea.

Secțiunea seismică reprodusă în figura 7 este perpendiculară pe aria epicentrală Vrancea și trece prin vecinătatea localităților Covasna și Dumitrești. În planul vertical al secțiunii sînt proiectate focarele cutremurelor studiate, proiecții care se înscriu pe două zone seismice: prima, pînă la adîncimea de 60 km, cuprinzînd seismele normale situate mai spre exteriorul arcului carpatic și înglobînd focarele de la Rîmnicu Sărat, Focșani, Tecuci și Pechea; secunda, pînă la adîncimea de 163 km, incluzînd seismele intermediare. Ambele zone se înscriu într-un domeniu alungit, sub forma unui strat înclinat de la SE spre NV, sub un unghi, de 55° pentru segmentul seismelor normale și cu o grosime de circa 30 km și de 67° pentru segmentul seismelor intermediare, majorîndu-și grosimea la circa 50 km. Forma și înclinarea stratului reproduc caracteristici ale dislocației de tip Benioff, ceea ce îi conferă o semnificație geotectonică deosebit de importantă. Mai mult, graficul din figura 8 arată că frecvența cutremurelor în lungul acestui strat, prezintă trei maxime situate în adîncimi cuprinse între 30—40 km, 90—100 km și 130—140 km,

⁹ RADU C., *L'activité séismique sur le territoire de la Roumanie durant la période 1955—1970*, Stud. tehn. econom., Seria D (Prospecțiuni geofizice), 10, Partea I, 109—138, București, 1974.

¹⁰ *Magnitudinea* este o noțiune relativ recentă, introdusă în seismologie pentru obiectivizarea scării intensității seismice. Se exprimă în unități de magnitudine și se calculează cu relații de forma: $M = \log A + B$. A reprezintă amplitudinea maximă a componentei orizontale a deplasării solului în undele superficiale (sau alt tip de undă); B este o constantă în funcție de caracteristicile seismografului stației, de distanța epicentrală a stației ș.a. Valorile numerice A și B se stabilesc pe baza unui număr relativ mare de cutremure.

Fig. 7 Secțiune verticală și perpendiculară pe zona epicentrală Vrancea, orientată N 55° V, aproximativ pe direcția localităților Covasna și Dumitrești, conținând zona de proiecție a focarelor, de tip Benioff (prelucrare după C. Radu, 1974):

M, discontinuitatea Mohorovičić; 1, zona seismelor normale ($h < 60$ km); 2, zona seismelor intermediare.

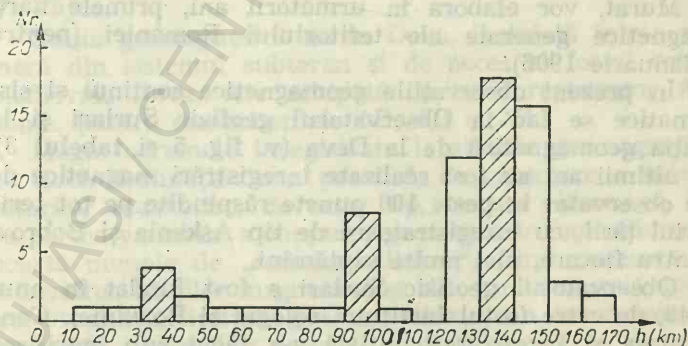
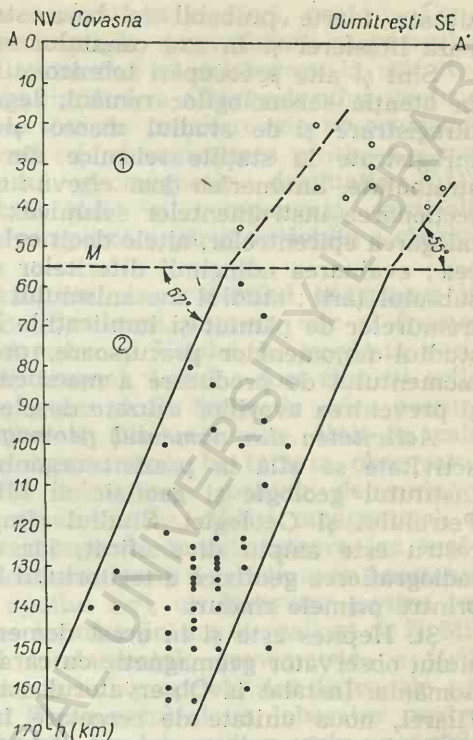


Fig. 8 Graficul distribuției cu adâncimea a focarelor seismelor $M \geq 4$, care s-au produs în regiunea Vrancea în perioada 1956–1970 (după C. Radu, 1974).

situate foarte probabil la baza stratului granitic, la baza litosferei și în axa canalului astenosferic.

Sînt și alte preocupări tehnico-științifice care au stat în atenția seismologilor români, legate de procesul de înregistrare și de studiul macro- și microcutremurelor înregistrate la stațiile seismice din țară și chiar din străinătate. Enumerăm doar cîteva: construirea sau perfecționarea instrumentelor seismice; evidențierea și catalogarea epicentrelor, altele decît cel din regiunea Vrancea; evaluarea adîncimii diferitelor strate geologice din subsolul țării; studiul mecanismului de producere a cutremurelor de pămînt și implicațiile lui seismotectonice; studiul fenomenelor precursore, prevederea locului și momentului de producere a macrocutremurelor, precum și prevenirea avariilor cauzate de ele ș.a.

Activitatea din domeniul geomagnetismului. Această activitate se află în prezent organizată și condusă de Institutul geologic și geofizic al Ministerului Minelor, Petrolului și Geologiei. Studiul cîmpului magnetic terestru este amplu diversificat, iar contribuțiile lui la radiografierea geofizică a teritoriului României se înscriu printre primele rînduri.

Șt. Hepites este și în acest domeniu, fondatorul primului observator geomagnetic cu caracter permanent din România. Instalat la Observatorul astronomic București-Filaret, noua unitate de cercetare își începe din anul 1898, sistematic și permanent, înregistrările și studiul magnetismului terestru din țara noastră. Ajutat de I. Murat, vor elabora în următorii ani, primele hărți magnetice generale ale teritoriului României (pentru 1 ianuarie 1906).

În prezent observațiile geomagnetice continui și sistematice se fac la Observatorul geofizic Surlari și la stația geomagnetică de la Deva (v. fig. 5 și tabelul 3). În ultimii ani au fost realizate înregistrări magnetice de tip observator în peste 100 puncte răspîndite pe tot teritoriul țării, cu înregistratoare de tip Askania și Bobrov, pentru fiecare, mai multe săptămîni.

Observatorul geofizic Surlari a fost fundat în anul 1943, de către fostul Institut Geologic al României. Construirea și înzestrarea inițială s-a făcut sub îngrijirea lui M. Socolescu, iar conducerea tehnică și științifică a fost încredințată lui L. Constantinescu. După aproape 20

de ani de activitate continuă și efectivă, prof. L. Constantinescu a transmis grijile gospodărești succesorului său, ing. A. Soare, continuând să colaboreze la activitatea de modernizare științifică a Observatorului geofizic Surlari. Primele obiective de cercetare ale observatorului au fost următoarele : (a) înregistrarea continuă a trei elemente ale câmpului geomagnetic, declinația (ΔD), componenta orizontală (ΔH) și componenta verticală (ΔZ) și (b) studierea complexă a părții variabile a câmpului geomagnetic.

Clădirile și instalațiile observatorului se găsesc la circa 40 km nord de București, într-un mic și frumos martor al faimosului codru al Vlăsiei, în imediata vecinătate a Lacului Căldărușani. Locul a fost ales cu grija ca înregistrările magnetice să fie ferite de orice perturbare magnetică artificială (linii electrice, linii de cale ferată, trafic rutier intens etc.). În incinta observatorului se găsesc două laboratoare pentru determinări magnetice absolute (instalate în clădiri amagnetice), o subterană pentru variometrele înregistratoare (cu încăperi termostatare electronic pentru menținerea constantă a temperaturii din spațiul lor), un laborator pentru înregistrarea curenților telurici (inițiat și realizat de N. Milea), pilonul stației fundamentale gravimetrice a țării, un laborator pentru studiul proprietăților fizice ale rocilor (inițiat de Dr. Romanescu) și un laborator pentru cercetări geoelectrice pe modele reduse prin metodele polarizației induse și rezistivității (inițiat și folosit de V. Vâdea).

Stația geomagnetică de la Deva, instalată într-o cameră din sistemul subteran și de acces al fostei cetăți medievale Deva, este echipată cu un înregistrator Askania, pentru componentele ΔD , ΔH și ΔZ .

Magnetogramele înregistrate la stațiile geomagnetice au două destinații : una practică, de corectare a măsurătorilor magnetice, de orice tip, pentru eliberarea lor de partea variabilă a câmpului geomagnetic (operație care poartă numele de „reducere diurnă“, fiind necesară la întocmirea hărților magnetice) și alta fundamentală, pentru studiul activității geomagnetice (prin urmărirea și separarea variațiilor datorate radiațiilor solare corpusculare de cele cauzate de radiațiile solare electromagnetice).

Începînd cu anul 1946, rezultatele înregistrărilor au constituit obiectul a numeroase lucrări științifice. Pentru început vom face referire la cele întocmite sistematic în cadrul unui program internațional convențional standardizat. Activitatea geomagnetică este caracterizată numeric și grafic, cu indici calculați conform acestor convenții internaționale (triorari, K, diurni, C ș.a.). Pentru o exemplificare cu totul parțială, reproducem în figura 9, curbele valorilor medii anuale, calculate pentru fie-

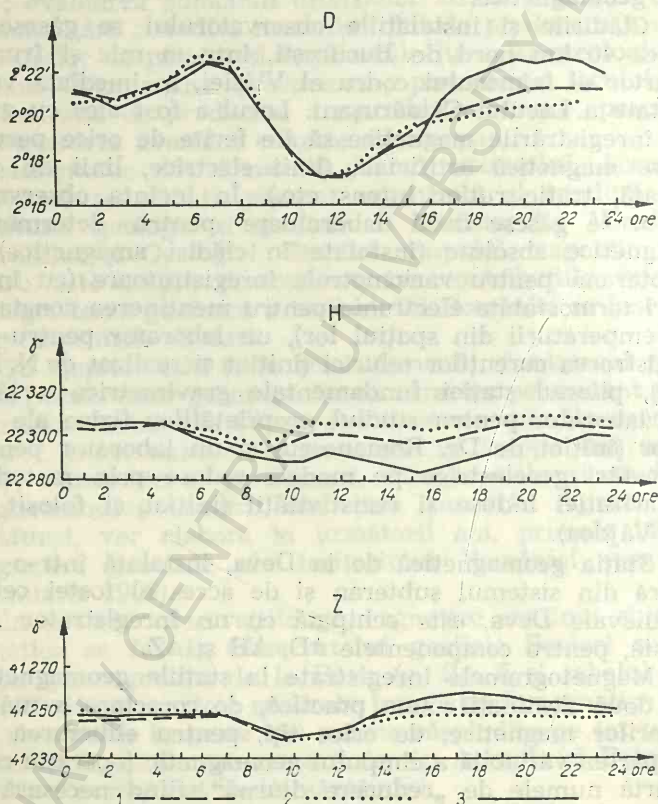


Fig. 9 Curbe de variații diurne solare anuale, în valori medii orare, pentru elementele magnetice D, H și Z, înregistrate în cursul anului 1964 la Observatorul geofizic Surlari (după Alexandra Ionescu și A. Soare, 1967): 1, curbă de variație diurnă solară medie (S); 2, idem, a zilelor calme (S_q); 3, idem, a zilelor perturbate.

care oră (de la ora 0 la ora 24, în timp universal, T.U.) din înregistrările anului 1964 la Observatorul geofizic Surlari. Curbele au un aspect clasic de tip polar și ne indică orele de variație maximă și minimă a părții variabile a cîmpului geomagnetic. Tot din înregistrările Observatorului geofizic Surlari, redăm, în tabelul 4, va-

Tabelul 4

Valorile medii anuale ale variației diurne calme pentru intervalul 1954—1966, cuprinzînd un ciclu undecenal, calculate din magnetogramele înregistrate continuu la Observatorul geofizic Surlari (după Anuarele Observatorului Geofizic Surlari).

Anul	Valori medii anuale				Amplitudini medii anuale		
	D	H	Z	T	D	H	Z
1954*	1°52',5	22 555	41 008	46 801	5',3	5	14
1955	1°55',3	560	009	804	5',3	13	14
1956	2°02',5	548	026	813	8',5	16	25
1957	2°04',9	553	064	849			
1958	2°06',4	548	072	854	10',3	23	24
1959	2°08',1	560	126	907			
1960	2°10',3	547	160	930	8',3	26	25
1961	2°13',3	567	205	980	6',9	22	10
1962	2°17',1	578	216	995	6',2	22	14
1963	2°18',8	594	242	47 025	5',8	19	16
1964**	2°20',2	602	260	045	5',6	17	16
1965*	2°21',6	605	275	068	5',5	15	11
1966	2°23',4	609	280	065	5',7	11	15

* Valorile medii din 1954 și 1955 sînt înscrise în minimele activității solare ale ciclului undecenal.

** Anul 1964 reprezintă, după cercetătorii Observatorului geofizic Surlari, intervalul de minimum absolut al activității solare a ciclului undecenal.

lorile medii anuale ale variației solare diurne calme (valorile intensității totale sînt calculate), precum și amplitudinile medii anuale ale elementelor D, H și Z pentru un ciclu undecenal al activității solare (1954—1966). Analiza valorilor înscrise în tabelul 4, evidențiază creșterea aproape constantă a valorilor medii anuale (D, H, Z și T), reprezentînd ritmul de *variație seculară* a cîmpului geomagnetic, iar din mersul valorilor amplitudinilor medii anuale, *variația undecenală* a părții variabile a cîmpului geomagnetic dependentă de activitatea solară (valori minime la cele două capete ale intervalului de

11 ani și un maxim mai apropiat de minimul de la începutul intervalului).

Rezultatele prelucrărilor materialului magnetic înregistrat, au fost prezentate sub formă de Buletine magnetice sintetice, în primele decenii de activitate a observatorului, apoi, începînd cu anul 1962, sub formă de Anuare magnetice. Scopul lor este de a pune la dispoziție specialiștilor din țară și străinătate, sub formă clasică, valorile absolute și înregistrările geomagnetice efectuate.

Observatorul geofizic Surlari întreține numeroase relații cu instituții similare din străinătate, concretizate prin schimburi de date numerice sau fotocopii după magnetograme, precum și publicații. Procesul de colaborare a căpătat o amploare deosebită în cursul Anului Geofizic Internațional, prin trimiteri cu regularitate a datelor magnetice proprii la centrele mondiale de colectare. Aceeași amploare a fost reeditată și în perioada Anilor geofizici ai Soarelui calm (1964—1966).

Seria manifestărilor științifice cu caracter internațional a debutat la cea de a XI-a Adunare generală a U.G.G.I. (Toronto, 1957) cu o lucrare avînd ca obiect distribuția normală a cîmpului geomagnetic în România, raportată la nivelul valorilor magnetice absolute ale Observatorului geofizic Surlari ¹¹.

Figura 10 reproduce, din setul de hărți existente, distribuția componentei verticale (Z) a cîmpului geomagnetic normal, întocmită cu ajutorul ecuațiilor mărimilor H, I și D pentru epoca 1950,0 stabilite de L. Constantinescu și N. Milea (1961) pe baza a 21 de „stații magnetice absolute”, menționate în hartă, măsurate de mai multe ori la interval de doi ani. Harta ne relevă că intervalul de creștere pe latitudine a intensității componentei Z normale este de 2700 γ ; se observă, de asemenea, că distribuția izodinamelor este neuniformă, mai rare în partea de SV a țării și din ce în ce mai dese în direcția NE. Formulele și hărțile de cîmp normal au fost intens folosite pentru operația de „reducere de

¹¹ CONSTANTINESCU L., *L'activité de l'observatoire Géophysique de Surlari en contexte internationale — en guise d'avant-propos pour le premier annuaire de cet observatoire*, Ann. Obs. Géophys. Surlari, l'Année 1962, 3—5, Bucarest, 1963.

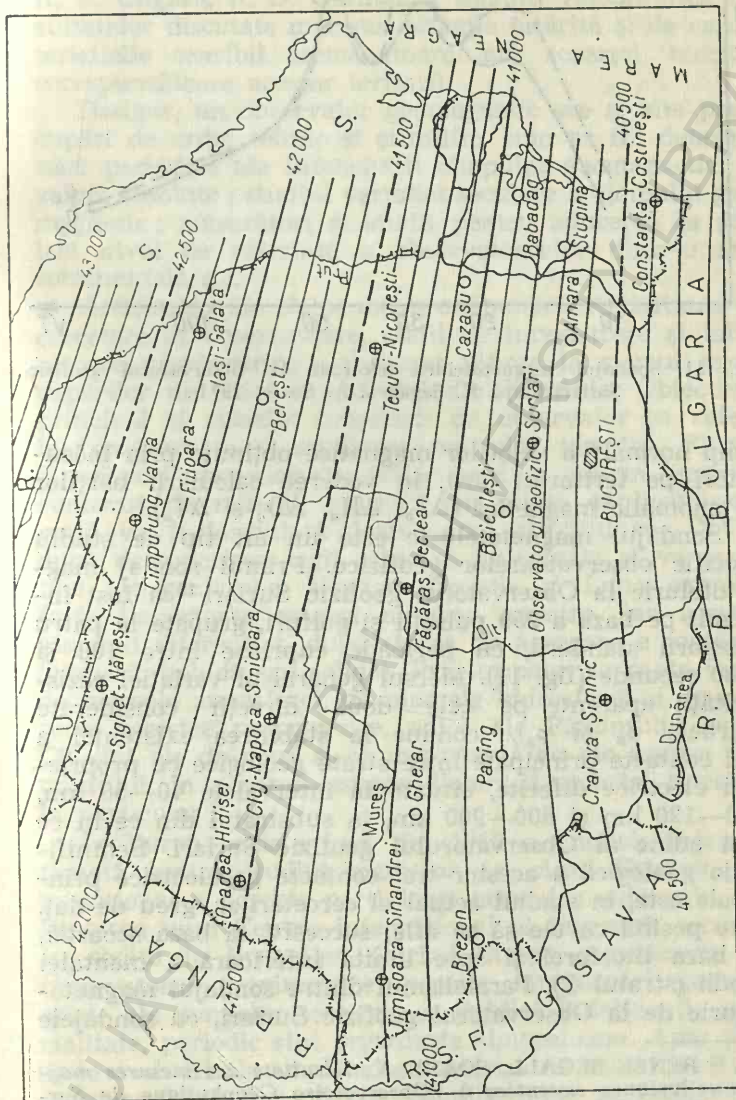


Fig. 10 Harta componentei verticale (Z) a cîmpului geomagnetic normal pentru teritoriul României, calculată pentru epoca 1950,0 și întocmită de Șt. Airinei (1956), după formulele L. Constantinescu și N. Milea (1961).

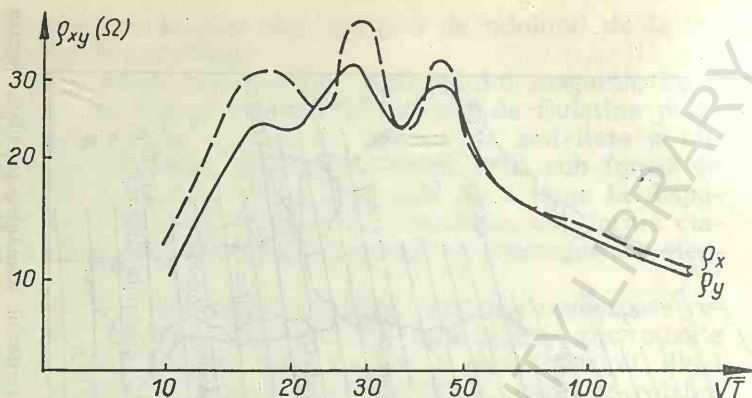


Fig. 11 Sondajul magnetoteluric efectuat la Observatorul geofizic Surlari (după R. Segall și A. Soare, 1971).

cîmp normal“ a valorilor magnetice obținute prin măsurători pe teritoriul țării, în vederea calculării hărților de anomalie magnetică (ΔZ_a , ΔH_a , ΔD_a și ΔT_a).

Sondajul magnetoteluric este un alt tip de studiu specific observatoarelor geofizice. Primul sondaj magnetoteluric la Observatorul geofizic Surlari¹² a fost întocmit pe baza a 250 pulsații și golfuri, grupate la patru categorii standard, cu perioade cuprinse între 100 și 5000 secunde (fig. 11). Mersul general al variației rezistivității aparente pe cele două direcții considerate (curbele ρ_x și ρ_y), conduc la stabilirea existenței a trei contacte principale între strate geologice cu proprietăți electrice diferite, situate la intervalele 40—50 km, 100—120 km și 800—900 km, în substratul din ce în ce mai adînc al Observatorului geofizic Surlari. Semnificația geologică a acestor trei contacte geoelectrice principale este, în stadiul actual al cercetărilor, greu de dat. Este posibil ca ele să se afle, succesiv, la baza scoarței, la baza litosferei și spre limita inferioară a mantalei medii (stratul C). Paralelismul dintre sondajul magnetoteluric de la Observatorul geofizic Surlari, cu sondajele

¹² RENÉE SEGALL, SOARE A., *Résultats des mesures magnéto-telluriques exécutées à l'Observatoire Géophysique de Surlari*, Rev. roum. géol., géophys., géogr., Série de Géophysique, 15, 1, 143—148, Bucarest, 1971.

obținute în alte țări europene (R. S. Cehoslovacă, R. P. Ungară, R. D. Germană), asigură valabilitatea rezultatelor discutate mai sus, situație întărită și de caracteristicile sensibil asemănătoare ale scoarței terestre corespunzătoare acestor teritorii.

Desigur, un observator geomagnetic are și alte preocupări de ordin tehnic și științific, cum ar fi : determinări periodice ale intensității cîmpului geomagnetic, în valori absolute ; studiul variației seculare a cîmpului geomagnetic ; măsurători și studii pentru aducerea la același nivel de referință a observatoarelor dintr-o arie continentală ș.a.

Activitatea din domeniul gravimetriei. Activitatea de cercetare în observatoare, stații de înregistrare și laboratoare gravimetrice s-a așezat ultima la startul preocupărilor de fizică a globului din România. Obiectivul principal și specific cercetării de observator se referă la înregistrarea și studierea mareelor terestre. Fluxul și refluxul oceanelor și mărilor deschise era un fenomen cunoscut de milenii omului, dar prima explicație corectă va fi formulată deabia spre sfîrșitul sec. XVII, după descoperirea legii atracției universale și va aparține tot genialului Newton. Soarele și Luna exercită forțe importante asupra maselor terestre, iar acestea răspund diferențiat, după starea de agregare a materiei (gazoasă, lichidă sau solidă). Prin urmare, se poate vorbi de mareele atmosferei, de mareele hidrosferei și de mareele terestre propriu-zise, adică ale Pămîntului solid. Cît sînt ele de mari și ce importanță au ele asupra Pămîntului, în general, asupra dinamicii scoarței terestre, în particular ?

În Europa exista încă din 1912 o Comisie internațională pentru studiul mareelor, iar Anul Geofizic Internațional a deschis porți largi acestui studiu prin înființarea unui Centru internațional al mareelor terestre cu sediul la Bruxelles. Curînd începe organizarea de observatoare gravimetrice pentru înregistrări permanente ale mareelor terestre, se publică buletine de specialitate, periodic sînt organizate simpozioane. Apar primele evaluări ale amplitudinii undelor de maree terestră, cuprinse între 7 și 15 cm. Amplitudinile nu sînt mari, n-ar impresiona chiar dacă ar fi duble, ceea ce se întîmplă pe alocuri, dar poate gîndi oricine cît de enorme

pot fi energiile mecanice dezvoltate de masele geologice deplasate în sus și în jos de fiecare val, mereu la 12 ore, în fiecare punct pe suprafața globului!

În România, ne putem mândri cu o rețea de stații pentru înregistrarea mareelor terestre; aceasta se datorează inițiativei, stăruinței și pasiunii inginerului Dorel Zugrăvescu.

În prezent, sînt în funcțiune trei stații gravimetrice pentru înregistrări continui ale mareelor terestre și un laborator pentru cercetări geodinamice experimentale¹³ (v. fig. 5 și tabelul 3); toate formează Sectorul de cercetări geodinamice, afiliat administrativ Observatorului astronomic București și condus de D. Zugrăvescu.

Observatorul gravimetric Căldărușani (OGC) este stația principală din România pentru înregistrarea mareelor gravimetrice. Întreg ansamblul instrumental se află instalat într-o clădire din complexul Mănăstirii Căldărușani, situată pe malul lacului cu același nume și foarte aproape de Observatorul geofizic Surlari. Amenajarea clădirii și a spațiilor pentru instalațiile observatorului au fost încheiate în 1965, iar înregistrările propriu-zise au început în 1966. Înregistrările sînt efectuate cu două gravimetre Askania tip GS-11, instalate pe piloni aflați în camere termostate în subsolul clădirii. Clădirea observatorului conține în afară de locuințele personalului tehnic, un laborator de prelucrare a gravitogramelor și clinogramelor aduse de la celelalte stații gravimetrice din țară, precum și un laborator-atelier pentru intervenții ocazionate de dereglările dispozitivelor de înregistrare. Tot aici se conservă primul prototip al pendulului orizontal din cuarț realizat în România și după care s-a multiplicat seria de instrumente necesare dotării celorlalte stații cu înregistrări clinometrice de maree.

Înregistrările clinometrice de maree se efectuează în două stații subterane, una plasată în peștera Cloșani din județul Gorj, denumită stația Padeș-Gorj (SPG), iar cealaltă instalată într-o cameră subterană a unei mine vechi de aur din Munții Metaliferi, județul Hunedoara; ca-

¹³ ZUGRĂVESCU D., *Stations for Earth tides recordings in the Socialist Republic of Romania*, Rev. roum. géol., géophys., géogr., Série de Géophysique, 18, 55—58, Bucarest, 1974.

mera este săpată în roci andezitice și este denumită stația Crăciunești-Deva (SCD).

Stația Padeș-Gorj se află instalată în camera terminală, în fund de sac, a peșterii Cloșani, la circa 800 m de la intrarea în subteran; camera se află la 110 m adâncime față de suprafață. Înregistrările au început în 1967 și sînt efectuate simultan cu trei perechi de penduli orizontali din cuarț.

Stația Crăciunești-Deva, aflată la circa 25 km NNE de Deva, este instalată într-o cameră-galerie laterală, în fund de sac, la circa 600 m de la intrarea în subteran a galeriei principale a minei și la 200 m adâncime față de suprafață. Lucrările pregătitoare instalării stației clinometrice au început în 1971. Instalarea echipamentului de înregistrare, format tot din trei perechi de penduli orizontali din cuarț, s-a încheiat în 1975, cînd au început și primele înregistrări experimentale.

Pentru controlul tehnic al instrumentelor de înregistrare (calibrare, drift, comparații de caracteristici între penduli etc.), au fost amenajate două laboratoare de geodinamică: unul la București, în subsolul clădirii Academiei R. S. România; altul, subteran, într-o mină de sare de la Slănic-Prahova. Laboratorul de geodinamică Slănic-Prahova se află la 23 m adâncime, într-o fostă cameră de exploatare a sării care întrunește toate condițiile optime pentru testarea extensometrelor din cuarț realizate la Observatorul gravimetric Căldărușani.

Printre preocupările imediate ale Sectorului de cercetări geodinamice fac parte: completarea cu noi stații a rețelei existente și organizarea unui sistem de suplimentare a înregistrărilor continui în stațiile permanente, cu date obținute în stații mobile instalate pentru intervale de timp prestabilite, în puncte de interes geodinamic major.

2. RADIOGRAFII GEOFIZICE PENTRU OBIECTIVE GEOLOGICE LOCALE

2.1. Fundamental și aplicativ, cantitate și calitate

Cercetările geofizice din observatoare și cele realizate pe teren de echipe organizate de întreprinderile de prospecțiuni sau de institutele de cercetări geologice și geofizice, nu sînt marcate, neapărat, de limite stricte între scopul fundamental și cel practic-aplicativ spre care tind. Așa cum s-a putut vedea și cum vor mai fi ocazii să se constate, numeroase rezultate obținute în observatoarele geofizice au aplicații practice imediate (în prospecțiunea geofizică, în geologia economică și inginerescă etc.), după cum unele dintre rezultatele provenite din măsurători geofizice pe teren, au inițial caracter preponderent fundamental, cel puțin pentru anumite laturi ale lor. Această situație s-a putut desprinde chiar de la primele măsurători geofizice de teren, gravimetrice și magnetice, efectuate pe teritoriul României în sec. XVIII—XIX, prin caracterul paralel al scopurilor pe care le urmăreau. Pe plan general, ele au un caracter fundamental, acela de cunoaștere a distribuției cîmpurilor gravitației și geomagnetice pe un teritoriu dat; de fapt au urmărit scopuri practice imediate, asociate construirii hărților topografice și reglării tirului artileriei.

Dezvoltarea geofizicii aplicate în România, poate fi exprimată într-o manieră simplă și cantitativă, prin evoluția numărului de unități de lucru pe teren, denumite cînd „echipe“, cînd „formații“. Între anii 1948—1949 funcționau mai puțin de zece, pentru ca, în timpul campaniei de teren din 1965, să fi activat cu toată capacitatea de lucru, următoarele ¹⁴:

¹⁴ STOENESCU SC., AIRINEI ȘT., *Évolution, état actuel, orientations nouvelles de l'étude géophysique du territoire de la Roumanie*, Ann. Com. Géol. Roum., XXXVI, 239—254, Bucarest, 1968.

Echipe de prospecțiune seismometrică	55
Echipe de prospecțiune gravimetrică	17
Echipe de prospecțiune magnetometrică	14
Echipe de prospecțiune aeromagnetometrică	2
Echipe de prospecțiune electrometrică	21
Echipe de carotaj geofizic	40
Echipe de gaz-carotaj	17

În total 166 unități de geofizică aplicată care, ca orice organism social, a continuat să evolueze, adaptându-se cantitativ și calitativ noilor condiții și programe cuprinse în activitatea planificată a statului. Unele categorii și-au sporit numărul de echipe, altele și l-au micșorat; unele au dispărut; au apărut alte categorii. Toate și-au modernizat înzestrarea cu instrumente noi, mai eficiente; aproape toate și-au îmbunătățit tehnicile de lucru pe teren și în laboratoare; unele și-au adaptat metodologiile de lucru la condiții geologice noi, neabordate anterior; apar noi mijloace teoretice și tehnice pentru prelucrarea datelor și interpretarea rezultatelor. Aproape în pas cu serviciile de geofizică din țările cele mai avansate, au intrat în serviciu și la noi, calculatoarele electronice specializate pe tipuri de operații și metode, oferind geofizicianului mai mult timp de gândire și de creație.

Analizând mai atent numărul de echipe pe tipuri de metode, presupunând că se știe destinația principală a fiecăreia, se constată că și la noi, la fel ca și în orice parte a lumii, procentul cel mai ridicat al activității geofizice aplicate (peste 90%) revine problemelor de geologie a țiteiului. Apoi, în ordinea priorităților economice, variabile de la o perioadă de timp la alta, vin celelalte substanțe minerale utile, probleme de ape, de geologie inginerească, arheologie etc. Evident, această situație se răsfrânge și în valorile investigațiilor pe categorii de obiective, din sumele afectate cercetării geofizice.

Cele ce urmează reprezintă o trecere în revistă foarte sumară a procesului de aplicare în România a metodelor geofizice pe tipuri de probleme ale geologiei economice, precum și pentru rezolvarea altor categorii de probleme care necesită soluții practice imediate. Fiecare categorie va fi ilustrată cu exemple alese dintre cele

mai semnificative rezultate geofizice și care au constituit, la vremea lor și după aceea, succese remarcabile ale geofizicii românești.

2.2. Radiografii geofizice în domeniul geologiei țițeiului

Geologia țițeiului este interesată de descoperirea și cunoașterea structurilor geologice capabile să devină zăcăminte de țiței sau gaze naturale. Metodele geofizice folosite în faza de prospecțiune, în ordinea istorică a practicării lor, sînt: gravimetria, magnetometria, seismică, electrometria și radiometria. În faza de explorare și de exploatare, locul de frunte îl ocupă carotajul geofizic și gaz-carotajul.

Este necesară chiar de la început o precizare valabilă pentru faza de prospecțiune. Metodele geofizice citate, exceptînd radiometria în măsura în care aceasta poate fi aplicată, oferă pentru prospectarea zăcămintelor de țiței și gaze naturale, doar rezultate *indirecte*. Asta înseamnă că ele pot, în funcție de rezoluția fiecăreia, să descopere și să definească pînă la mare precizie și detaliu structura geologică, fără să dea cea mai mică indicație dacă ea conține sau nu țiței sau gaze naturale.

Singura cale de verificare a structurii este forajul de explorare. Să dăm un exemplu: Întreprinderea pentru prospecțiuni geologice și geofizice pentru hidrocarburi din M.M.P.G.¹⁵, a acoperit în cei 25 de ani de la înființare (1950—1975), aproape 80% din suprafața cu perspective pentru hidrocarburi a țării, identificînd peste 600 de structuri posibil petrogazeifere; la verificarea prin forajele executate pînă în prezent, doar ceva mai mult de 150 s-au dovedit a fi zăcăminte de țiței și gaze. Întreprinderea afirmă cu legitimă mîndrie că toate zăcămintele de hidrocarburi din Platforma Moesică, Depresiunea Bîrladului, precum și zăcămintele de gaze din Depresiunea Transilvaniei și din depresiunea din fața Car-

¹⁵ BURCEA C., 25 de ani de la înființarea Întreprinderii de prospecțiuni geologice și geofizice pentru hidrocarburi, M.M.P.G.—D.G.A.P.G., Comunicări științifice, 3—7, București, 1975.

paților Orientali au fost descoperite geofizic. O altă cale nici nu exista. Forajul singur, pus la împlinire și practicat chiar într-o rețea de puncte, ar fi descoperit o mică parte din zăcămintele respective, într-un timp foarte îndelungat și cu cheltuieli enorme. Șansa de interceptare a unui zăcămintă ar fi oscilat la o sondă dintr-o sută. Pe o asemenea cale costisitoare nu se angajează nici cel mai bogat stat din lume! Șansa de a descoperi hidrocarburi pe structuri identificate crește până la 20—30%, situație în care investițiile sînt lesne recuperate.

Trebuie spus că de mai mulți ani se fac încercări insistente, în gravimetrie și seismică, pentru a se aduce precizări de ordin *direct*, adică rezultatul prospecțiunii să conțină și informația dacă structura identificată are sau nu țiței sau gaze, respectiv dacă structura poate fi calificată chiar din faza de prospecțiune ca zăcămintă de hidrocarburi. Șansa de reușită a încercărilor de elaborare a unor metode de detectare directă a hidrocarburilor în adîncime, este deocamdată foarte redusă, dată fiind disproporția cantitativă dintre volumul țițeiului sau gazelor și acela al rocilor înconjurătoare.

Să vedem care sînt ideile de bază ale acestor metode și pe ce tendințe de îmbunătățire a lor se merge. Vom proceda în ordinea importanței eficacității lor în acest domeniu.

Metode seismice. Metodele seismice înregistrează foarte exact, cu o precizie de ordinul miimii de secundă, timpul pe care undele elastice produse de o explozie în vecinătatea suprafeței solului, îl depune pentru a se propaga în subsol pînă la anumite suprafețe reflectatoare și de a reveni din nou la suprafață. Se înțelege că pentru suprafețe reflectatoare din ce în ce mai adînci, timpul de parcurs al undelor va fi din ce în ce mai lung. Înregistrînd din aproape în aproape, în lungul unor alinamente marcate pe teren, variația timpului de parcurs, se obțin așa-numitele „secțiuni de timp“, pe care le putem transforma în „secțiuni de adîncime“ după ce cunoaștem viteza de propagare a undelor elastice în subsol. Variația de adîncime a suprafețelor reflectatoare, stabilită pe un număr suficient de alinamente, conduce la întocmirea „schitelor“ sau „hărților structurale“, cîte una pentru fiecare suprafață reflectatoare detectată. Forma

suprafețelor reflectatoare, urmărită pe secțiuni sau pe hărțile structurale, reflectă însăși structura geologică a subsolului pînă la adîncimea investigată. Uneori, structura prezintă discontinuități cauzate de falii sau alte accidente tectonice, dar totdeauna se pot localiza cu suficientă precizie zonele favorabile de acumulare posibilă a hidrocarburilor. Pentru redarea formei și adîncimii structurii evidențiate, se spune că prospecțiunea seismică oferă rezultate *cantitative*.

Structurile petrolifere nu apar oricum. Ele sînt asociate unor condiții tectonice specifice (fie de geosinclinal, fie de platformă) și obligatoriu unor condiții și mai riguroase de acumulare și protecție a hidrocarburilor înmagazinate. Știind toate acestea, prospecțiunea geofizică pentru hidrocarburi este tot atît de interesată să descrie cît mai bine și aceste condiții. Parcurgînd acest drum, geofizica a adus numeroase elemente noi de cunoaștere geologică a țării, ținînd ambele aspecte ale cercetării, fundamental și aplicativ. Cităm cîteva exemple: prelungirea Platformei Moldovenești spre vest, în poziție din ce în ce mai scufundată sub pinzele carpatice; identificarea și localizarea în adîncime a „faliei pericarpatiche“, de la frontiera de stat din nord-vestul Moldovei, la aceea din sud-vestul Olteniei; structura complexă a fundamentului și dizarmoniile stratigrafice din Depresiunea Transilvaniei; structura casantă, în horsturi și grabene, a fundamentului cristalin din Cîmpia de Vest a țării și variațiile în grosime a sedimentarului care îl acoperă și multe altele.

Pentru ilustrare, reproducem în figura 12, un segment dintr-o secțiune seismică de adîncime, care intersectează de la V spre E, domul gazeifer de la Corunca, din partea de NE a Depresiunii Transilvaniei. Domul de la Corunca a fost identificat geofizic, gravimetric și seismic. El apare ca o structură majoră, puțin alungită pe direcția N—E, cu două boltiri egale, de formă ezitantă. Secțiunea seismică relevă dizarmonie între formațiuni geologice de diferite vîrste și o complicație structurală caracteristică întregului bazin sedimentar. Pe un relief pretortonian faliat, inferior tufului de Dej, se așterne discordant complexul mediu compus din formațiuni bugloviene și sarmațiene. Complexul sarmațian mediu descrie structura de adîncime a domului de la

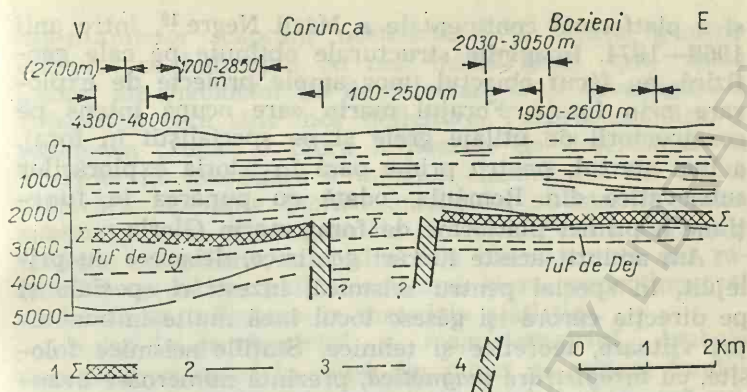


Fig. 12 Segment de secțiune seismică de adâncime, orientat V-E prin domul gazeifer de la Corunca-Bozieni, din NE Depresiunii Transilvaniei (după Gh. Zârnavan și Lucia Burcea, 1968; fide D.T. Ciupagea și colab., 1970):

- 1, intrarea în sare; 2, orizont reflectator sigur; 3, orizont reflectator nesigur; 4, zonă de falie nesigură.

Corunca, situată la circa 3 km mai spre vest de apexul complexului sarmațian superior. Dizarmonia este mai accentuată pe flancul de est al domului.

Exemplul următor se referă la rezultatele seismice de pe platforma continentală a Mării Negre. Măsurătorile gravimetrice și magnetice din Delta Dunării¹⁶, precum și cele de pe teritoriul Dobrogei¹⁷, cu rezultate pline de sugestii promițătoare, au fost succedate de două acțiuni de cutezanță și cu laturi de execuție deosebite: prospec-tarea seismică a Deltei Dunării¹⁸, între anii 1966—1968

¹⁶ AIRINEI ȘT., *Schéma structural du soubassement du Delta du Danube selon les données gravimétriques et magnétiques*, Rev. roum. géol., géophys., géogr., Série de Géophysique, 10, 2, 163—175, Bucarest, 1966.

¹⁷ AIRINEI ȘT., *Cupluri de anomalii gravimetrice-magnetice deschise pe litoralul românesc al Mării Negre*, Stud. cerc. geol., geofiz., geogr., Geofizica, 5, 1, 147—154, București, 1967.

¹⁸ VOINEA M., ALBU ȘT., *Prospecțiuni seismice pentru petrol în Delta Dunării*, Com. ses. aniv. 20 ani activ. I.P.G.G. (5—6 martie 1970), București, 1970.

și a platformei continentale a Mării Negre¹⁹, între anii 1969—1974. Imaginile structurale obținute pe cale geofizică, au făcut obiectul unor ample proiecte de explorare prin foraje. Forajul marin care ocupă intens pe constructorii de utilaje grele și pe specialiștii în foraj, a luat startul, pentru prima oară în istoria explorărilor subacvatice din România, odată cu punerea în funcțiune a primei platforme de foraj marin Gloria.

Am amintit aceste lucrări geofizice, deoarece au prieluit, în special pentru seismică, înzestrări speciale și pe direcția cărora își găsesc locul încă multe îmbunătățiri viitoare, teoretice și tehnice. Stațiile seismice folosite, cu *înregistrare magnetică*, prezintă numeroase avantaje de precizie și economicitate, față de stațiile vechi, cu *înregistrare oscilografică*. Benzile magnetice cu întreaga informație furnizată de semnalul seismic, sînt preluate de mașini electronice de calcul, care le transpun pe hîrtie fotografică în seismograme de tip oscilografic și, mai departe, după programe prestabilite, le tratează automat pînă la desemnarea secțiunii de timp și chiar a secțiunii de adîncime.

Curînd, aceste stații înregistratoare au început a fi detronate de altele și mai perfecționate, de cele cu *înregistrare numerică*. Stațiile cu înregistrare numerică fixează semnalul seismic pe benzi magnetice în mișcare rapidă, direct, pe teren, eșantionat și cuantificat la intervale de timp fixe și foarte scurte (în general 2 ms). O astfel de seismogramă, formată dintr-o succesiune de cifre, este un excelent intermediar pentru calculatorul electronic care o prelucrează automat pînă la redarea rezultatului final. De la seismica marină, unde domnesc în prezent, acest ultim tip de stații vor invada integral seismica terestră, revoluționînd-o.

Cum preocupările actuale vizează obiective economice aflate la adîncimi mai mari de 4000 m, sau pe acelea care deși la adîncimi mici, se lasă greu descoperite (cazul

¹⁹ VARODIN V., CIUBOTARU ȘT., GEORGESCU P., MERCEA TR., POPESCU AL., TOMESCU L., *Prospecțiuni seismice pe zona de șelf continental al Mării Negre*, Bul. tehn.-științ., I.P.G.G., I, 1, 35—56, București, 1971.

aşa-numitelor „capcane nestructurale“), atenția geofizicianului se îndreaptă cu mai multă grijă spre acele „zone“ ale metodelor lui de cercetare și de investigare a subsolului care sînt încă deficitare. Pentru seismică, o asemenea „zonă“ o oferă mijloacele de determinare a vitezelor de propagare a undelor elastice. Se fac multe încercări. Speranțe pentru ameliorări substanțiale sînt așteptate de la seismogramele sintetice. Pentru regiunile tectonic complicate, cum sînt cele intens cutate din regiunile carpatice, unii seismicieni și-au perfecționat și continuă să reflecteze la metodele statistice.

Metodele gravimetrică și magnetometrică. Ambele metode merg mîna în mîna din punct de vedere fundamental, metrologic și interpretativ; ambele măsoară valori foarte precise pentru intensitatea totală sau pentru componentele cîmpului gravitației, respectiv geomagnetic. Măsurătorile se fac în puncte sau stații situate fie în lungul unor profile condiționate de căile de acces din regiune (cazul lucrărilor de recunoaștere regională), fie în rețele gravimetrice cu desimi de stații cerute de gradul de detaliere dorit (cazul prospecțiunilor propriu-zise). După un șir de prelucrări și aplicări de corecții, toate în scopul aducerii întregului sistem de măsurători în stare de comparabilitate, se întocmesc hărți sau profile cu anomalii gravimetrice ori magnetice. Spre deosebire de prospecțiunea seismică, rezultatele gravimetrice și magnetice sînt *calitative*. Forma primară a rezultatelor conduce în majoritatea cazurilor, la interpretări echi-voce (nedeterminate) sau altfel spus, la ambiguitate de interpretare. Adîncimea structurii nu este dată, iar forma ei este sugerată doar de forma anomaliei. Sînt necesare alte numeroase calcule pentru a separa în parte, efectul fiecărei structuri geologice, din care, apoi, să se determine forma și adîncimea lor. Pentru o asociație structurală simplă, operațiile duc la rezultate satisfăcătoare; pentru una complexă, cazul structurilor asociate sau a supraetajărilor structurale, soluțiile își găsesc rezolvări doar parțiale și cu multă trudă obținute.

În figura 13 sînt reproduse rezultatele, sub o formă schematizată, ale primei lucrări spectaculoase de gravimetrie din țară, regiunea Ploiești-Tîrgoviște, realizată cu

cialistului care, pe baza unui studiu minuțios al densității rocilor, a stabilit criterii valabile pentru interpretarea rezultatelor și din alte regiuni prospectate gravimetric. Meritul mare al lucrării este că rezultatele sale au dat țării și continuă încă să dea cantități mari de țiței și gaze de sondă.

Gravimetria, conjugată uneori cu magnetometria, a adus în beneficiul industriei extractive și alte rezultate importante: pentru domuri gazeifere în Depresiunea Transilvaniei (I. Gavăt, M. Socolescu și Al. Esca, Sc. Stoenescu, Șt. Airinei, V. Ghiciu ș.a.), precum și pentru structuri petrolifere în Subcarpații Olteniei, Munteniei și Moldovei (I. Gavăt, R. Botezatu, D. Popovici, Șt. Airinei, M. Visarion, Stelian Dumitru ș.a.).

Electrometria. Este metoda cea mai prolifică în procedee aplicate pe teren; situația se datorează faptului că fiecare procedeu este susținut de un anume fenomen electric natural sau provocat, posibil de determinat prin măsurători. În domeniul geologiei petrolului sînt folosite doar cîteva procedee, cele care pot investiga întreaga grosime, uneori de mii de metri, a bazinelor sedimentare. La noi au fost practicate: metoda curenților telurici și metoda rezistivității electrice. Caracterul indirect și calitativ al rezultatelor electrometrice, echivalente cu rezultatele gravimetriei, a făcut să fie preferată cea mai ieftină, adică gravimetria.

Radiometria. La noi, metoda radiometrică a trecut ca un meteor prin practica prospecțiunii structurilor petrolifere (E. Gohn și El. Brătășanu, 1966) și s-a stins curînd, încă din faza experimentală.

Geofizica de sondă. În ultimii 40 de ani, aplicarea metodelor geofizice în găurile de sondă — în fazele de prospectare, dar mai ales de explorare și de exploatare a hidrocarburilor — a luat o dezvoltare vertiginoasă și hotărîtoare. Factorii decisivi rămîn aceiași: scurtarea timpului de foraj; cunoașterea integrală și precisă a coloanei stratigrafice deschisă de sondă; precizarea orizonturilor care conțin hidrocarburi, ape de zăcămint, niveluri de roci protectoare etc.; stabilirea cantitativă a conținuturilor de hidrocarburi și gaze a orizonturilor-zăcămint ș.a.m.d. Introducerea calculatoarelor electronice în investigarea geofizică a găurilor de sondă, a necesitat conceperea unor programe specifice pentru prac-

ticarea carotajului geofizic, după tipul de probleme fizico-geologice urmărite. Acest mod de aplicare a carotajului geofizic, a produs o adevărată revoluție în procesele de înregistrare și de interpretare a diagramei de sondă. Programarea reduce numărul diagramei la 4—6 tipuri; acestea sînt prelucrate automat și redată, în final, sub formă de diagrame sintetice, cifrice sau grafice, din care se pot citi direct cu adîncimea: variația porozității și densității rocilor de la strat la strat; gradul de marnozitate a nisipurilor; saturația în hidrocarburi sau în apă; cantitatea de hidrocarburi mobile ș.a.

Tendința actuală de automatizare a operațiilor constă în transmiterea prin telex a datelor de la șantier la centrul de calcul care, după un timp foarte scurt, va retransmite șantierului rezultatul carotajului geofizic sub forma diagramei sintetice. Specialistul de șantier va ști pe loc care sînt zonele pe care urmează să le perforare pentru țitei și gaze etc. Este inutil orice comentariu privind economicitatea și eficiența operației.

Ca exemplificare, este reprodusă în figura 14, secțiunea geologică a complexului productiv II din structura gazeiferă de tip masiv de la Ulieș, Depresiunea Transilvaniei²¹. Ea ilustrează una din modalitățile de utilizare a carotajului geofizic practicat în cinci sonde de explorare situate pe un aliniament transversal pe structură, construirea secțiunii geologice, din care rezultă forma și raporturile de succesiune a straturilor cu gaze și cele marnoase, denivelarea tectonică a acumulării elementare de gaze, intervalele perforate în cazul sondei centrale ș.a. Este evidentă variația mărimilor geofizice înregistrate pe cele trei diagrame, de la un tip la altul de orizont stratigrafic.

2.3. Radiografii geofizice în domeniul geologiei miniere

Substanțele minerale utile prospectate obișnuit cu metode geofizice sînt: minereurile de fier și minereurile

²¹ OLTEAN I., *Principalele particularități ale zăcămintelor de gaz metan din Depresiunea Transilvaniei*, Bul. Soc. Științ. Geol. Rom., XII, 17—27, București, 1970.

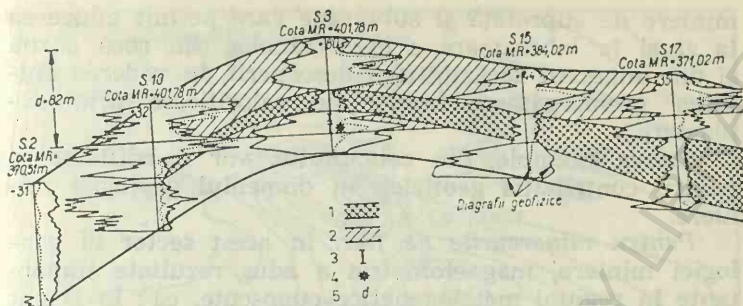


Fig. 14 Secțiune geologică transversală în complexul productiv II al structurii gazeifere de la Ulieș, întocmit pe un profil cu cinci sonde de explorare carotate geofizic (după I. Olteanu, 1970):

1, strat marnos; 2, strat cu gaze; 3, interval perforat; 4, interval încercat cu gaze; 5, denivelarea tectonică a acumulării elementare cu gaze.

neferoase, sarea și cărbunii, unele zăcămintele de roci nemetalifere. La noi, metodele de prospecțiune geofizică utilizate în ordine istorică, sînt: magnetometria, electrometria, gravimetria, radiometria, seismica și termometria.

Eficiența lor este funcție de tipul de zăcămintă prospectat. Astfel, pentru minereurile de fier, magnetometria este de neegalat; pentru minereurile neferoase, electrometria trece pe locul întii, urmată de magnetometrie, gravimetrie și radiometrie; pentru sare, gravimetria este metoda de bază, urmată de magnetometrie și de seismică; cărbunii, de fapt bazinele în care s-au acumulat, de seismică, electrometrie și gravimetrie; zăcămintele radioactive, evident, de radiometrie; cele din roci nemetalifere, cu metoda adecvată rocii din care se compune și scopul urmărit de prospecțiune. În faza de explorare, carotajul geofizic este din ce în ce mai intens fructificat.

Cea mai mare parte a rezultatelor sînt *calitative*; multe oferă informații *directe*, în legătură cu natura substanței minerale utile a zăcămintului; altele sînt *indirecte*. De exemplu, rezultatele gravimetrice pentru sare, cele magnetice pentru minereu de fier, cele radiometrice pentru minereurile radioactive ș.a. sînt informații directe. Cu toate acestea, verificarea anomaliilor geofizice rămîne același foraj de explorare sau lucrările

miniere de suprafață și subterane care permit aducerea la zi și în laboratoare a eșantioanelor din roca gazdă și din minereul zăcămintului descoperit, în vederea studiilor premergătoare fazelor de valorificare prin exploatare.

Cîteva exemple, din cele multe, vor fi edificatoare pentru contribuția geofizicii în domeniul geologiei miniere.

Pentru minereurile de fier. În acest sector al geologiei miniere, magnetometria a adus rezultate importante în regiuni metalogenetice cunoscute, ca : în Banat (Th. Bărbat, I. Costescu, Tr. Cristescu și colab., D. Popovici ș.a.), în Munții Poiana Ruscă (Tr. Cristescu și colab.), în Munții Apuseni (Dr. Romanescu ș.a.), sau au deschis perspective noi din acest punct de vedere în alte regiuni, ca : Dobrogea (Șt. Airinei), Podișul Moldovei (R. Botezatu, Șt. Airinei, P. Suciș și M. Boissard). Faptul că teritoriul țării a fost cartat aeromagnetic (Tr. Cristescu și Al. Ștefănciuc), a facilitat mult alegerea zonelor de interes imediat și programarea lucrărilor magnetometrice la sol cu ajutorul variometrelor magnetice. Execuția acestora este mult ușurată iar calitativ mult îmbunătățită, prin introducerea în serviciu a variometrelor cu precesie protonică și cu pompaj optic.

Cităm cîteva zăcămintele și zone cu minereuri de fier puse în evidență magnetometric : în Dobrogea, zăcămintele de la Palazu Mare și Iulia ; în extinderea cîmpurilor miniere de la Teliuc, Ghelar și Rușchița, precum și valorificarea mineralizațiilor de fier cu conținut redus de metal din Munții Poiana Ruscă ; din zona Poiana Iazuri din Munții Almăjului ; zona Topleț ș.a. În Munții Drocei a fost conturată extinderea unor roci cu titanomagnetit vanadifer, de asemenea și în zona Ciungani-Căzănești, iar în Munții Gilăului, un zăcămint de fier, la Băișoara, situat la contactul calcarelor cristaline cu intruziunile banatitice. Contribuții importante sînt de semnalat pentru minereurile de mangan din Munții Sebeșului, la est de Barz Mare, identificată geologic ; la Răzoare, în Munții Lăpușului ; la Delinești, în Munții Semenicolui ; pe zona Iacobeni-Cîrlibaba din Munții Bistriței.

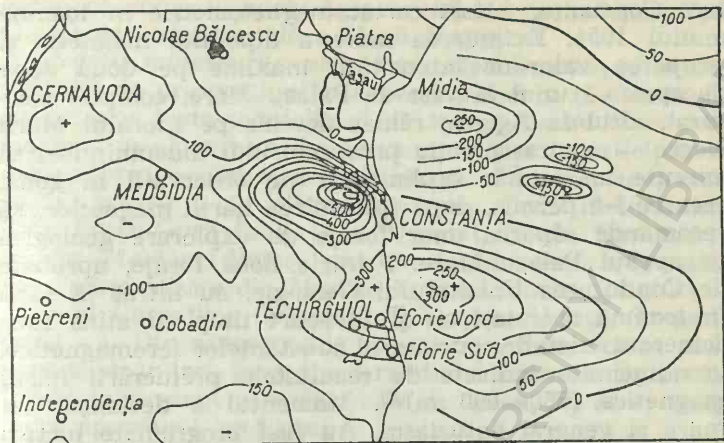


Fig. 15 Anomalia magnetică dipolară Constanța, redată în componența verticală a cîmpului geomagnetic, pentru partea vestică de pe uscatul dobrogean (Șt. Airinei, 1958) și în intensitatea totală a lui, pentru partea estică de pe platforma continentală a Mării Negre (D. Romanescu și colab., 1972).

Cel mai spectaculos rezultat al magnetometriei, din acest punct de vedere, rămîne descoperirea zăcămintului de la Palazu Mare, localitate aflată la NV de Constanța. În figura 15 este reprodusă imaginea magnetică a zăcămintului, întocmită pentru partea continentală din măsurători la sol, iar pentru platforma continentală a Mării Negre din măsurători pe mare. Pînă în prezent, doar apexul cu valorile cele mai ridicate pentru intensitatea cîmpului geomagnetic, situat la vest de localitatea Palazu Mare, a făcut obiectul explorării geologice prin foraje. Iată, pe scurt, istoricul descoperirii acestui zăcămint.

Trei ani, între 1950 și 1952, teritoriul Dobrogei și zonelor învecinate la nord și vest de Dunăre, au fost acoperite cu o rețea magnetică regională pentru întocmirea hărții magnetice a României²². Perimetrul din sud-estul Dobrogei, pe care se extinde anomalia dipolară

²² AIRINEI ȘT., *Harta anomaliei magnetice ΔZ din Dobrogea, Moldova de sud și estul Cîmpiei Române*, Acad. R.P.R., Stud. cerc. geol., 3, 1—2, 79—109, București, 1958.

lară Constanța, a fost cartat magnetometric în toamna anului 1951. Extinderea mare a dipolului magnetic și gruparea valorilor intensității maxime pe două zone de apex — unul la vest de Palazu Mare, complet conturat, altul la Agigea, rămas deschis pe litoralul Mării Negre — a atras atenția prospectorului îndemnându-l să execute un număr suplimentar de observații în zonă, ceea ce i-a permis, după întocmirea hărții magnetice, să recomande săparea unor foraje de explorare geologică pe apexul Palazu Mare. Primele două foraje, aprobate de Conducerea Comitetului Geologic, au intrat în sapă în toamna aceluiași an și în scurt timp au atins fundamentul cristalin, purtătorul substanțelor feromagnetice, la adâncimile indicate de rezultatele prelucrării hărții magnetice (550—600 m)²³. Momentul a declanșat un mare și general entuziasm. Au fost programate lucrări geofizice noi, semiregionale și de mare detaliu, gravimetrice și magnetometrice, pe zona Palazu Mare; s-au proiectat și executat noi sonde. Prospekțiunile geofizice s-au derulat în campaniile de teren din următorii ani. Forajele următoare au intrat în zăcămint la adâncimi comparabile, iar cele mai adânci, de peste 1500 m, n-au ieșit din mineralizație. Rezultate de completare și de confirmare, în general îmbucurătoare, au rămas umbrite doar de calcarele jurasice cavernoase și intens circulate de ape subterane, situate în coperișul zăcămintului. Rezultatele acestei prime etape au făcut obiectul unei lucrări științifice, comunicată ca „history case” la Congresul internațional de geologie din 1960, la Copenhaga²⁴. Apoi, au urmat noi lucrări geofizice, electrice și seismice, pentru stabilirea condițiilor hidrogeologice din zonă; au fost săpate foraje noi în scop hidrogeologic.

Dipolului magnetic Constanța îi corespunde o anomalie gravimetrică de maxim; împreună constituie un „cuplu anomal” rămas deschis pe litoralul Mării Negre. Abia după 20 de ani, când s-au putut executa primele măsurători geofizice pe mare, seismice și magnetice, s-a

²³ AIRINEI ȘT., *Cercetări magnetice regionale în Dobrogea de sud*, Comunicare 26.02.1952, D.S. Com. Geol., XXXIX (1951—1952), 151, București.

²⁴ ȘTEFĂNESCU S., STOENESCU SC., AIRINEI ȘT., BOTEZATU R., POPOVICI D., IONESCU FL., *Geophysical surveying for iron near Constanța (Rumanian People's Republic)*, Rev. géol., géogr., 5, 1, 119—132, Bucarest, 1961.

conturat și partea estică a dipolului magnetic²⁵. Se poate vedea că zona de apex Agigea extinde mult dipolul pe platforma continentală a Mării Negre.

Pentru minereurile neferoase. Electrometria este des utilizată de prospecțiunile în acest domeniu și exercitată cu aproape toate tehnicile ei de teren. Ele au avut permanent un câmp vast de prospectare și au participat la evidențierea a numeroase zăcăminte de minereuri, cum ar fi, pentru a da câteva exemple, zăcămintele de la Baia Borșa-Gura Băii, Leșu Ursului, Șuior, Sintimbru, Fundu Moldovei-Botoș, precum și la conturarea unor zone mineralizate din Munții Apuseni, din eruptivul neogen al Carpaților Orientali, Dobrogea, Munții Semenicului ș.a. Din numeroasele cazuri rezolvate, vor fi prezentate doar trei, în ordinea relativ descrescătoare a utilizării în prezent a procedeeleor de teren, în acest câmp al prospecțiunii geofizice.

În figura 16 sînt reproduse, în paralel, două imagini electrometrice, obținute prin două procedee principal distincte (polarizația indusă și rezistivitate electrică) din zona mineralizată de la Altîn Tepe²⁶. Zăcămintul de pirită cupriferă de la Altîn Tepe a fost redescoperit în 1897 de ing. Radu Pascu²⁷. I-au atras atenția numeroasele pîlnii și gropi săpate cu multă vreme înainte, evident pentru exploatarea minereului din așa-numita „pălărie de fier” a zăcămintului. Unele sînt, probabil, de milenii, altele de secole, așa cum au dovedit descoperirile arheologice din ultimele decenii pe teritoriul dobrogean, unde practica reducerii minereului de fier datează încă din etapa mijlocie hallstattiană (circa 900 î.e.n.). Analiza resturilor de minereu găsite pe malul drept al Dunării, la sud de Ostrov, la Păcuiul lui Soare, Capi-dava, Babadag, Garvăn-Dinogetia a arătat că minereul de fier provenea din zăcămintul de la Iulia (situat la NV de Babadag), din „pălăria de fier” a zăcămintului

²⁵ ROMANESCU D., ROȘCA V., SOARE A., *Recherches magnétométriques sur la plate-forme continentale de la Mer Noire au large des côtes roumaines*, Rev. roum. géol., géophys., géogr., Série de Géophysique, 16, 1, 103—107, Bucurest, 1972.

²⁶ MIHAIL CR., SIMIONESCU M., *Cercetări prin metoda polarizației provocate în zona Altîn Tepe*, Stud. tehn. econom., Seria D (Prospecțiuni geofizice), IX, 105—117, București, 1972.

²⁷ PASCU R., *Studii geologice și miniere în județul Tulcea (Dobrogea)*, Inst. art. graf. „Carol Göbl”, București, 1904.

piritifer de la Altîn Tepe și, probabil, din alte locuri dobrogene (N. Maghiar și Șt. Olteanu)²⁸.

Zăcămintul de la Altîn Tepe se află situat în partea de nord a Dobrogei centrale. În primele decenii ale sec. XX, a fost exploatat pentru cupru; din 1940, a devenit una din sursele principale pentru asigurarea funcționării fabricilor de acid sulfuric cu pirită. În ultimele decenii, exploatarea zăcămintului a fost așezată pe noi valențe calitative și cantitative de valorificare complexă. Mineralizația de sulfuri complexe asociată cu magnetită de la Altîn Tepe se află sub formă de corpuri lenticulare și zone de impregnație cantonate în formațiuni cristaline vechi și în șisturi verzi ceva mai tinere. Lentilele ating grosimi pînă la zeci de metri și sînt înconjurate cu zone de impregnație. Problema pusă chiar de la început geofizicii, a fost de a descoperi lentile noi de minereu, în adîncime și în extindere, spre NV și SE față de perimetrul minei actuale, în lungul anticlinoriului mezometamorfic situat la sud de celebra falie Peceneaga-Camena. Aici, au fost executate, cu mult succes, primele prospecțiuni electrice (M. Socolescu, 1931) și magnetice (Al. Russo și Th. Barbat, lucrare nepublicată) pentru minereuri.

Eficacitatea prospecțiunii electrometrice în regiune, constă în aceea că mineralizația compactă se comportă ca un bun conductor electric, ceea ce face ca orice lentilă să fie reflectată prin anomalii electrice de minim și să producă un potențial de inducție ca răspuns la introducerea unui curent electric în subsol, caz în care orice lentilă, inclusiv zona ei de impregnație, răspunde printr-o anomalie electrică de maxim. Cele două hărți reproduse în figura 16, conțin grupuri de anomalii de polarizație indusă (A), cu semn pozitiv și anomalii de rezistivitate electrică (B), cu semn negativ, orientate SE-NV și în extensiunea zăcămintului în exploatare. Anomaliile electrometrice, corelabile de la o metodă la alta, reprezintă efectul mineralizației compacte (corespunde, în proiecție la suprafață, ariilor apicale ale anomaliilor) și a zonelor de impregnație (numai în anomaliile de polarizație indusă care, din acest motiv, au și suprafețe mai mari). Ambele hărți au servit la orienta-

²⁸ pp. 38, 108, 213, 283—284.

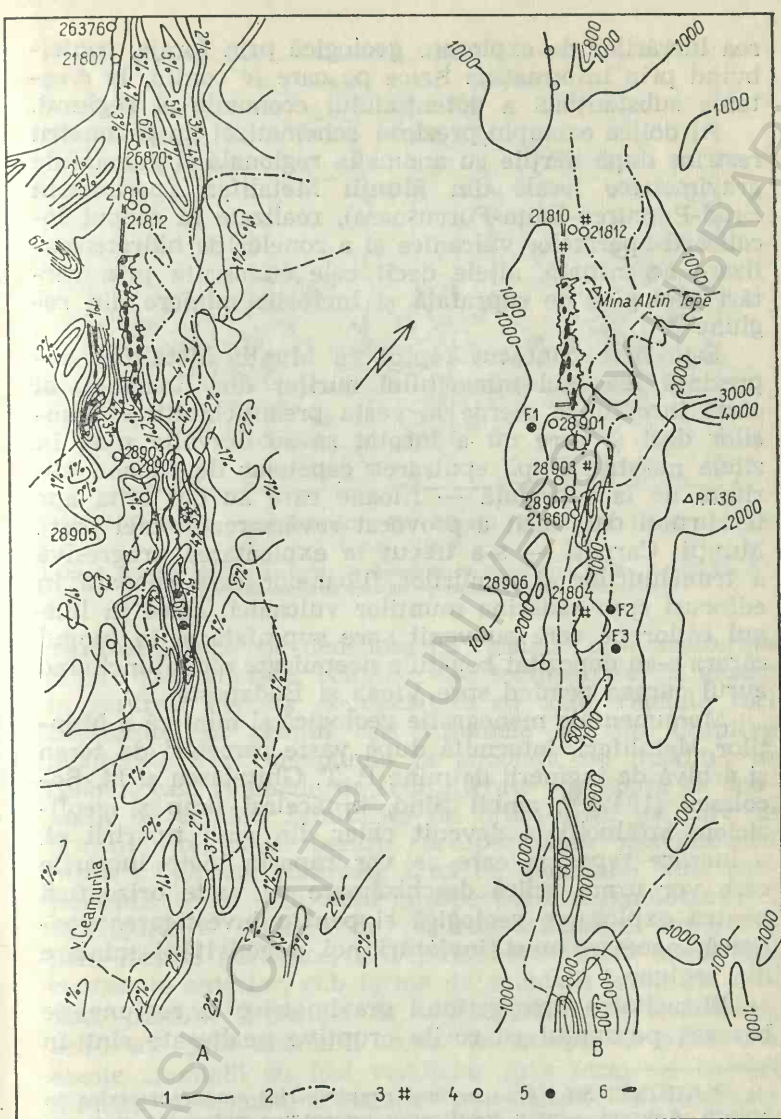


Fig. 16 Harta factorului de polarizație provocată (A) și harta rezistivității aparente (B) din zona Altın Tepe (după Cr. Mihail și M. Simionescu, 1973):

1, izolinii în % pentru factorul de polarizare provocată și în Ωm pentru rezistivitatea aparentă; 2, limita anomalia magnetice de minim; 3, puț de mină; 4, foraje executate; 5, foraje propuse după lucrări P.P. din 1968; 6, lentile de minereu.

rea lucrărilor de explorare geologică prin foraje, contribuind prin informațiile fizice pe care le conțin, la creșterea substanțială a potențialului economic al regiunii.

Al doilea exemplu prezintă schematizat un perimetru restrâns după hărțile cu anomalia regională și anomaliile gravimetrice locale din Munții Metaliferi (perimetrul Brad-Porcurea-Băița-Furcușoara), realizate în scopul localizării aparatelor vulcanice și a zonelor de hidrotermalizare accentuată, altele decât cele cunoscute prin cărări geologice de suprafață și lucrările miniere din regiune ²⁹.

Este bine cunoscut faptul că Munții Metaliferi reprezintă leagănul mineritului aurifer din România, al cărui început se pierde în ceața preantichității strămoșilor daci și care nu a încetat să se dezvolte pînă în zilele noastre. După epuizarea capetelor de filoane aurifere de la suprafață — filoane care au dat atîta aur tezaurului dac, încît a provocat revărsarea Romei peste Munții Carpați — s-a trecut la exploatarea progresivă a trunchiurilor și ramurilor filoanelor care coboară în adîncuri spre rădăcina munților vulcanici, adică în lungul căilor pe care au venit spre suprafață și în lungul cărora s-au depozitat bogățiile neepuizate nici atunci cînd aurul curgea gemînd spre Viena și Budapesta.

Monumentala monografie geologică și minieră a Munților Metaliferi, întocmită după vaste cercetări de teren și arhivă de inginerii de mine P. T. Ghițulescu și M. Solescu (1942) ³⁰, ambii fiind, în același timp și geofizicieni străluciți, a devenit chiar din anul tipăririi ei, o lucrare reper la care se vor raporta toate lucrările care vor urma, adică deschizătoare de vaste orizonturi pentru explorarea geologică și pentru investigarea geofizică, necesare unei înviorări noi a activității miniere din regiune.

Eficacitatea prospecțiunii gravimetrice în regiune, se bazează pe faptul că rocile eruptive nealterate sînt în

²⁹ AIRINEI ȘT., *Prospecțiuni gravimetrice-magnetometrice în Munții Apuseni pentru localizarea aparatelor vulcanice și a zonelor de hidrotermalizare accentuată*, Stud. tehn. econom., Seria D (Prospecțiuni geofizice), V, 7—32, București, 1966.

³⁰ GHIȚULESCU P. T., SOCOLESCU M., *Etude géologique et minière des Monts Métallifères*, Ann. Inst. Géol. Roum., XXI, 181—464, Bucarest, 1942.

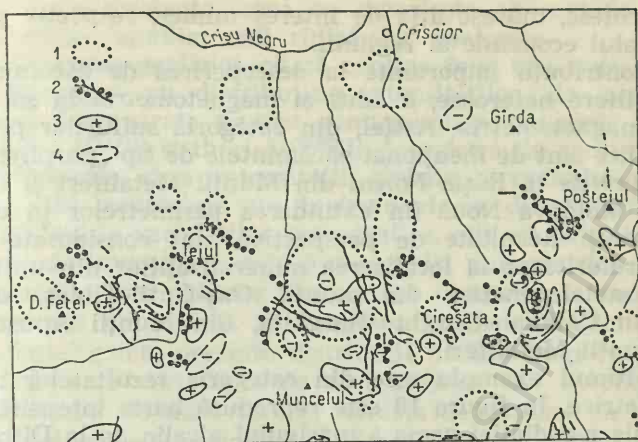


Fig. 17 Rezultate gravimetrice din Munții Metaliferi (după Șt. A-
irinei, 1966):

- 1, coșuri vulcanice cartate geologic; 2, zăcămintе cu impregnații de Au, Ag (Cu, Pb, Zr);
3, anomalii locale de maxim; 4, anomalii locale de minim.

contrast pozitiv de densitate cu celelalte roci nealterate și că rocile alterate, eruptive sau sedimentare, se găsesc în contrast negativ de densitate cu toate celelalte roci nealterate. În primul caz, volumele de roci eruptive nealterate vor corespunde la anomalii de maxim; în celălalt caz, volumele de roci alterate vor apare ca anomalii de minim. Limitările de ordin fizic pe care le prezintă regiunea pentru prospecțiunea gravimetrică (lipsa totală sau contraste mici de densitate), sînt parțial ridicate de rezultatele prospecțiunii magnetometrice. În figura 17, alături de coșurile vulcanice cunoscute prin lucrări geologice, sînt puse în evidență altele necunoscute anterior, sub formă de anomalii locale de maxim, precum și zonele de hidrotermalizare accentuată, reflectate prin anomalii locale de minim. O parte din aceste anomalii au fost verificate prin foraje și lucrări miniere ulterioare. Filoanele mineralizate sînt situate parțial în corpul nealterat al stîlpilor vulcanici și parțial în zonele de hidrotermalizare accentuată. Punerea în evidență a stîlpilor vulcanici ascunși sub sedimente, sub curgeri de lave sau sub pături de tufuri vulcanice, precum și a zonelor de hidrotermalizare accentuată care

fi însoțesc, măresc aria de interes minier, respectiv potențialul economic al regiunii.

Contribuții importante la descoperirea de zăcăminte metalifere neferoase, a adus și magnetometria la sol și aeromagnetometria. Astfel, din categoria sulfurilor polimetalice sînt de menționat zăcămintele de tip „porphyry-copper” de la Roșia Poieni din Munții Metaliferi și din zona Moldova Nouă (în extinderea perimetrelor în exploatare). Rezultate de perspectivă sînt considerate și cele referitoare la localizarea mineralizațiilor din unitățile metalogenetice din munții Oaș-Gutii-Țibleș, din munții Căliman-Gurghiu-Harghita, din Munții Apuseni și Munții Metaliferi.

Ultimul exemplu este din categoria rezultatelor radiometrice. În figura 18 este reprodusă harta intensității globale a radiației gama a masivului alcalin de la Ditrău și a formațiunilor geologice pe care le străpunge. Această imagine geofizică este rezultatul unei cercetări complexe aeroradiometrice, efectuată cu un aerospectrometru gama, de construcție britanică, montat și purtat de un elicopter³¹.

Masivul alcalin de la Ditrău, una din rarele curiozități mineralogice și petrografice la scară planetară, ocupă pe aria șisturilor cristaline din Carpații Orientali, un perimetru de formă ovală de circa 170 km², puternic sculptat de eroziune. Cum era de așteptat, acest obiectiv a fost subiectul a numeroase studii geologice și geofizice. Autorii uneia din ultimele ample monografii³², demonstrează că masivul vizibil de roci alcaline reprezintă învelișul migmatic al unui diapir anatectic profund, desăvîrșit într-o fază ulterioară formării cristalinului Carpaților Orientali, probabil în cretacul superior.

În acord cu autorii cercetării aeroradiometrice gama, reținem că rezultatele obținute sînt corelabile cu datele

³¹ GOHN EM., ISVOREANU I., SCURTU S., HEREDEA N., *Cercetarea aeroradiometrică a masivului Ditrău și a formațiunilor adiacente*, Stud. cerc. geol., geofiz., geogr., Geofizica, 11, 1, 3—11, București, 1973.

³² CODARCEA AL., MARCELA DESSILA-CODARCEA, IANOVICI V., *Structura geologică a masivului de roci alcaline de la Ditrău*, Bul. științ. Acad. R.P.R., Secț. geol., geogr., 2, 3—4, 385—514, București, 1957.

geologice existente, ceea ce dovedește că metoda este un mijloc auxiliar util ridicărilor geologice.

Lucrarea geofizică citată conține încă trei radiografii radiometrice cu distribuțiile intensităților de radiație gama înregistrate pentru componentele potasică (^{40}K), uranică (^{214}Bi) și thorică (^{208}Tl). Înregistrările acestor trei componente și a intensității globale a radiației gama (fig. 18), reprezintă un instrument de diferențiere, la suprafață, a varietăților petrografice, atât cît permite puterea de investigare redusă a metodei radiometrice. Conținuturile mai ridicate ale acestor componente radioactive, așa cum arată și imaginea intensității globale a radiației gama, prezintă distribuții inelare largi care cuprind toate varietățile de roci alcaline din învelișurile exterioare ale masivului și aureola de contact cu șisturile cristaline. Conținuturi mai scăzute au sienitele nefelinice din corpul central al Masivului Ditrău. Distribu-

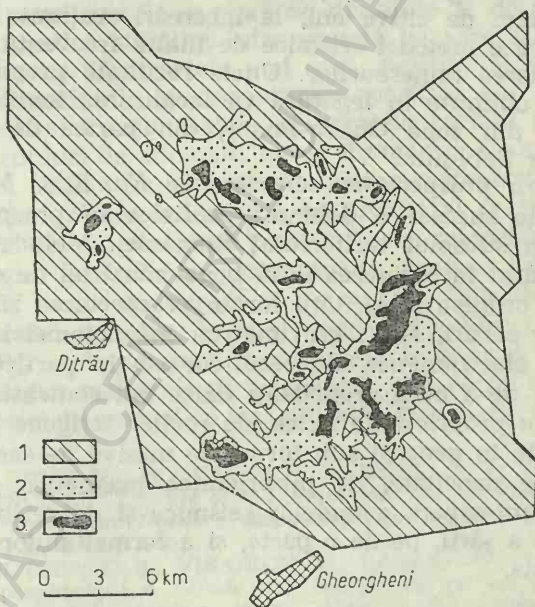


Fig. 18 Harta intensității globale a radiației gama pentru aria ce cuprinde masivul alcalin de la Ditrău (după Em. Gohn și colab., 1973):

1, 750–2100 impulsuri/s; 2, 2100–2700 impulsuri/s; 3, 2700–5500 impulsuri/s.

ția elementelor radioactive, așa cum rezultă din cele patru imagini radiometrice, sugerează procesul de instalare a diapirului anatectic profund și care reprezintă cauza aportului la suprafață a elementelor radioactive ce îl înconjoară. Aportul nou s-a însumat elementelor radioactive din rocile preexistente, transformate prin metamorfozare și alcalinizare. În acest sens, este concludent aportul mare de thoriu și potasiu din zonele care compun învelișurile exterioare ale structurii domale ale masivului alcalin, precum și din aureola lui de contact cu sisturile cristaline înconjurătoare.

Meritorii sînt și lucrările radiometrice executate pentru cartarea lentilelor de bauxită, a mineralelor grele, a pămînturilor rare și a minereurilor polimetalice (Cu, Pb, Zn, Mo), din zonele care au în parageneză minerale radioactive sau din cele afectate de transformări hidro-metamorfice (în principal pentru mineralizații polimetalice auro-argentifere) ș.a.

Asistăm de cîțiva ani, la încercări susținute de introducere a metodei seismice de înaltă frecvență pentru prospectarea minereurilor. Unele rezultate promițătoare au fost obținute în legătură cu localizarea lentilelor de bauxită din zona Ohaba-Ponor, din partea de vest a Munților Sebeșului³³.

Pentru prospectarea sărurilor de Na, K și Mg. Remarcabile succese a dobîndit geofizica în prospectarea sării din subsolul teritoriului României. Metodele care au concurat la obținerea unui bogat material de cunoaștere, în ordinea eficacității lor în prospectarea zăcămintelor de săruri, sînt: gravimetria, magnetometria, seismica și electrometria. Succesul lor stă în particularitatea sării de a avea proprietăți fizice net contrastante în raport cu proprietățile fizice ale rocilor terigene în care se găsește în general sub formă de mase de sare. Este vorba de densitate, de proprietatea magnetică, de viteza de propagare a undelor seismice și de rezistivitate electrică a sării, pe de o parte, și a formațiunilor gazdă, pe de alta.

³³ SPÎNOCHE S., CONSTANTINESCU P., CRISTEA P., *Aplicarea seismicii de înaltă frecvență în zona cu bauxită de la Ohaba-Ponor*, Stud. cerc. geol., geofiz., geogr., Geofizica, 11, 1, 79—82, București, 1971.

Gravimetria a conturat, sub formă de anomalii locale de minim, peste 200 de masive de sare necunoscute anterior, precum și determinarea formei și direcțiilor de extindere a maselor de sare parțial exploatare sau aflate în exploatare ale zăcămintelor de sare cunoscute³⁴. Acoperirea cu măsurători gravimetrice a unor suprafețe întinse, prin lucrări care au avut de cele mai multe ori scopuri multiple, a permis ca, prin studiul detaliat al anomaliilor reziduale, să se obțină informații inedite în legătură cu aliniamentele preferențiale ale sedimentării acumulărilor de sare (în general, mișcate ascensional prin așa-numitul diapirism al sării) și care au condiționat formarea de structuri specifice³⁵.

Reproducem în figura 19, imaginile cuplului anomal magnetic (a) și gravimetric (b) din zona Tazlău³⁶. Eficacitatea metodelor gravimetrică și magnetică din zona subcarpatică din Moldova și Muntenia stă în existența de contraste destul de mari de densitate și de proprietate magnetică stabilite între masele de sare și depozitele terigene. Contrastele mai mici, pozitive și negative, între formațiunile și orizonturile specifice ale subsolului zonei, sînt responsabile de efectele cartate prin celelalte cupluri de anomalii locale de maxim și de minim.

Zona Tazlău se află pe un sector tectonizat al formațiunilor miocen-inferioare, ca produs al presiunii încălecării flișului marginal peste subzona miocenă. Cuplul de imagini geofizice ce-i corespunde, conține perechi de anomalii locale de minim și de maxim. Cele de minim sînt efectul maselor de sare complexă (cloruri de Na, K și Mg); cele de maxim corespund la efectul volumelor geologice mai grele și, în general, mai vechi, respectiv cu proprietate magnetică mai ridicată, prinse în structuri

³⁴ AIRINEI ȘT., BOTEZATU R., DUMITRU S., POPOVICI D., STOENESCU SC., *The use of the gravimeter for salt dome finding in the Rumanian People's Republic*, Rev. géol. géogr., 4, 2, 379—394, Bucarest, 1960.

³⁵ BOTEZATU R., VISARION M., LĂZĂRESCU V., *Contribution géophysique à l'étude des massifs de sel en Roumanie*, Rev. roum. géol., géophys., géogr., Série de Géophysique, 14, 1, 119—145, Bucarest, 1970.

³⁶ AIRINEI ȘT., VISARION M., *Prospectarea magnetometrică a sărurilor de Na, K și Mg din Subcarpații Moldovei și Munteniei (România)*, Stud. cerc. geol., geofiz., geogr., Geofizica, 3, 1, 141—165, București, 1965.

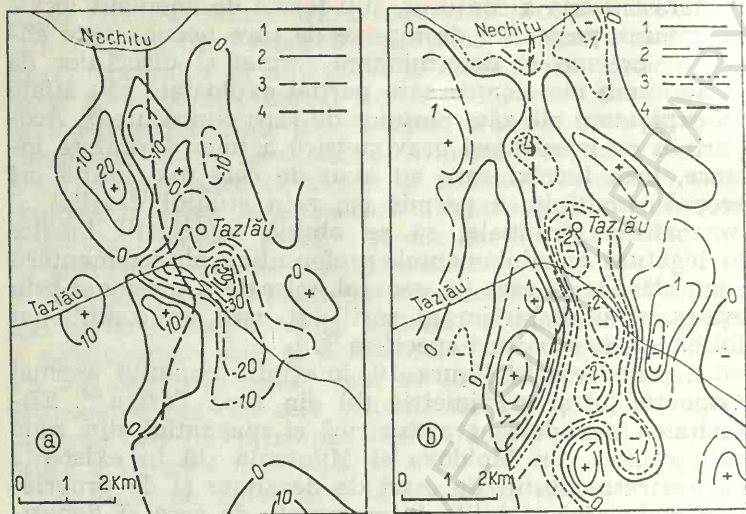


Fig. 19 Cuplul geofizic anomal de la Tazlău: anomalia magnetică locală (a) și anomalia gravimetrică locală (b) (după Șt. Airinei și M. Visarion, 1965): 1, izolinie de zero; 2, izolinii de maxim; 3, izolinii de minim; 4, limita geologică dintre fișul paleogen din vest și depozitele miocene din est.

cutate care le aduc mai spre suprafață. Perechea anomală de minim de la Tazlău, cea mai extinsă și mai importantă, este produsă de masa de sare cantonată în saliferul inferior, prins parțial sub depozite paleogene. Anomalia magnetică locală de minim cauzată de masivul de sare de la Tazlău are intensitatea cea mai mare de pe teritoriul României (de circa -50γ). Ea corespunde unei intensități de peste $-2,5$ mgal ai anomaliilor gravimetrice locale.

Cuplul anomal de la Tazlău a fost explorat prin sonde care au permis evaluarea unor importante cantități industriale de săruri de Na, K și Mg.

Mutându-ne în Transilvania, trebuie arătat că seismica ne-a oferit unul din cele mai spectaculoase rezultate ale ei, prin descoperirea plăcii continue de sare care ocupă o mare parte din întinderea depresiunii intermontane. Seismica refracție oferă acest dar ca pe un rezultat indirect, deoarece obiectivul ei era de a aduce precizări cantitative asupra structurii fundamentului Depresiunii Transilvaniei. Placa de sare, cu o grosime me-

die de 400 m, este situată deasupra Tufului de Dej, și a fost depusă spre sfârșitul tortonianului superior. După M. Paucă, procesul de depunere al sării ar fi durat între 2000 și 5000 de ani, într-un ritm mult mai rapid decât în alte lagune de pe suprafața Pământului³⁷. În zona centrală a Depresiunii Transilvaniei, placa de sare suportă îngroșări locale ce depășesc 1000 m, iar spre rama ei de vest, nord și est, datorită presiunilor tangențiale, a fișnit sub formă de stâlpi verticali, în unele cazuri de peste 1500 m înălțime, contribuind prin acest proces de diapirism, la formarea centurii de cute care înconjoară grupurile de domuri gazeifere din interior. Centura de cute diapire cuprinde o salbă de peste 40 de masive de sare cunoscute, dintre care unele au fost exploatate încă din antichitatea daco-romană (Ocna Sibiului, Turda, Sic, Ocna Șugatag, Coștiui ș.a.) și de peste 800 de izvoare sărate distribuite în lungul ramei Depresiunii Transilvaniei. Masivele de sare cunoscute și multe altele necunoscute anterior sînt reflectate prin anomalii gravimetrice locale de minim, avînd forme cvasieliptice, cu axa mare totdeauna paralelă cu axa majoră a centurii de cute diapire³⁸.

În figura 20 este reprodusă într-o formă schematizată, secțiunea seismică refracție care traversează de la nord spre sud Depresiunea Transilvaniei, între văile Someșu-

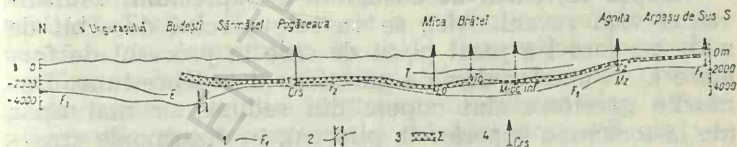


Fig. 20 Profil seismic de refracție în Depresiunea Transilvaniei (după D. Taloș și colab., 1968):

1, orizonturi seismice reflectatoare (F_1 și F_2); 2, accident disjunctiv; 3, placa de sare cu variațiile ei în grosime; 4, foraje în lungul profilului cu indicarea formațiunii în care s-a oprit talpa sondei.

³⁷ PAUCĂ M., Contribuții la geneza zăcămintelor de săruri miocene din România, D. S. Com. Geol., Inst., Geol., LIII/2 (1965—1966), 159—184, București, 1967.

³⁸ VISARION M., Reflectarea în anomalii gravimetrice a formelor structurale cu sare din Depresiunea Transilvaniei, Stud. tehn. econom., Seria D (Prospecțiuni geofizice), IX, 67—83, București, 1972.

lui Mare și Olt³⁹. Secțiunea conține două suprafețe seismice de refracție: una notată F_1 , la limita fundamentului cristalin și cuvertura terțiară și mezozoic superioară (senonian), cealaltă, notată F_2 , la limita dintre depozitele mezozoice în facies calcaros-dolomit (asociate fundamentului) și depozitele terțiare. Ambele suprafețe au fost controlate de forajele adinci de la Pogăceaua și Agnita. Lipsa suprafeței F_1 din partea centrală a secțiunii se datorează îngroșării mari a depozitelor mezozoice care au funcționat ca un ecran pentru semnalele seismice care ar fi trebuit să provină de la formațiunile cristaline. Suprafața F_1 definește caracteristicile zonălițăților structurale din depresiune, morfologia fundamentului (ridicarea Pogăceaua, zonele depresionare din nordul și sudul ei, precum și pragurile monoclinale sau șelfurile situate spre cele două extremități ale secțiunii), variația în grosime a depozitelor sedimentare și morfologia orizontului continuu de sare din tortonian.

În Depresiunea Transilvaniei au fost executate opt profiluri de seismică refracție, orientate aproximativ N-S, V-E, NV-SE și SV-NE. Secțiunile seismice de refracție, interpretate corelativ cu datele de foraj, de gravimetrie și de seismică reflecție au condus la zonalizarea structurală a Depresiunii Transilvaniei, în raport cu morfologia fundamentului și caracteristicile sedimentarului⁴⁰.

Asupra tectonicii de ansamblu a Depresiunii Transilvaniei vom reveni. Aici, se va releva rolul deosebit de mare pe care l-a jucat placa de sare în procesul de formare a sistemelor domale gazeifere din depresiune. Domurile gazeifere sînt cupole din sedimentar mai tînăr (de la tortonian superior la pliocen), în dizarmonie structurală față de tectonica formațiunilor geologice subiacente Tufului de Dej (paleogene și miocen-inferioare).

³⁹ TALOȘ D., VISARION M., CORNEA I., *Morphologie et structure du soubassement de la Dépression de la Transylvanie d'après les données géophysiques actuelles*, Rev. roum. géol., géophys., géogr., Série de Géophysique, 12, 2, 135—145, Bucurest, 1968.

⁴⁰ GAVĂT I., CIUPAGEA D. T., AIRINEI ȘT., *Rapports entre la structure profonde et la structure des complexes sédimentaires de la Dépression de Transylvanie*, Acta Geol. Acad. Sci. Hung., XIII/14, Intern. Geol. Congr., Bull. IXth Congr. Carp.-Balk., Assoc., I, 183—190, Budapest, 1969.

Este de admis că placa de sare a putut avea grosimi variabile chiar din perioada de depunere a ei, condiționat de relieful preexistent al fundamentului pe care s-a mutat tectonica depozitelor sedimentare pretortoniene. Mișcările de ansamblu ale blocurilor de fundament, reactivitate permanent de mișcările de ridicare ale munților care înconjoară bazinul sedimentar, precum și de cele cu tendință de reajustare izostatică, ambele de lungă durată, s-au transmis în cuvertura sedimentară mai tânără, au fost preluate preponderent de placa de sare, mult mai plastică, pe care au supus-o la îngrămădiri și îngroșări diferențiate și care, la rîndul ei, a influențat aranjamentul stratelor din propriul acoperiș. Așa se explică formarea de grupuri domale și de domuri gazeifere mari deasupra maselor criptodiapire de sare, precum și efectul gravimetric de minim, cel puțin parțial, pe care gravimetria îl cartă la suprafață, totdeauna sub formă de anomalii locale negative, pe verticala structurilor cu gaze naturale cunoscute sau pe cele pe care le-a descoperit în Depresiunea Transilvaniei.

Prospecțiunea geofizică pentru cărbuni. Este totdeauna indirectă. Localizări directe pentru stratele de cărbuni realizează numai carotajul geofizic.

O prospecțiune geofizică complexă și indirectă pentru cărbuni (gravimetrică, magnetică, seismică și electrică) a fost realizată în anul 1958, în bazinul carbonifer al Jiului, cunoscut și sub denumirea de „bazinul Petroșanilor”. Scopul ei a fost de a evidenția morfologia ascunsă a fundamentului, poziția flancurilor bazinului, localizarea faliilor longitudinale și transversale, precum și cunoașterea variației în grosime a sedimentelor. Aceste informații erau necesare unei raionări prealabile în vederea explorării geologice prin sonde a zonelor de dezvoltare a „orizontului mediu”, purtătorul celor mai multe strate de cărbune exploatabil.

Bazinul carbonifer al văii Jiului, cel mai important din România, este instalat pe o inflexiune sinclinală a cristalinelui Pinzei Getice și Autohtonului Danubian din vestul Carpaților Meridionali centrali. Prin cele două falii longitudinale care s-au format și s-au adîncit în timpul sedimentării, din cretacicul superior pînă în pliocen, inflexiunea sinclinală s-a transformat într-un graben de fundament, ale cărui flancuri longitudinale ri-

dicat au fost strînse ca într-o menghină de mișcările blocurilor munților Retezat și Sebeș din nord, Vilcan și Parîng din sud. Sedimentarea bazinului s-a dezvoltat în regim discontinuu, cu aporturi numeroase de material vegetal care s-a transformat cu timpul în cărbune mineral. Explorările și exploatarea miniere din acest bazin, efectuate cu începere din mijlocul sec. XIX, au interceptat peste 20 de strate de cărbune, cu grosimi variabile, neuniform distribuite de la loc la loc și separate cu pachete de steril uneori foarte groase. Cărbunii de Petroșani au o culoare brun-neagră, putere calorifică mare (6200—7200 cal) și sînt cocsificabili. Necesitățile crescînde ale industriei siderurgice românești, au impus inițierea și realizarea unui plan amplu de prospecțiune și explorare geologică prin sonde a întregului bazin carbonifer al văii Jiului. Lucrările au început în 1951; în cadrul acestui plan au fost executate și prospecțiunile geofizice amintite.

Condițiile locale de teren (localități, instalații industriale, exploatarea miniere etc.) — factori care limitează aplicabilitatea magnetometriei, electrometriei și seismicii —, au făcut ca rezultatele gravimetrice să fie cele mai complete și edificatoare (D. Popovici, 1958). Eficacitatea metodei a constatat în existența contrastului relativ mare de densitate ($0,4 \text{ g/cm}^3$), între șisturile cristaline ale fundamentului și depozitele sedimentare ale bazinului, considerate global în ambele cazuri. Lipsa de contraste suficient de mari între pachetele de formațiuni care compun cele trei „orizonturi caracteristice” ale bazinului carbonifer, a limitat mult puterea de rezoluție, în detaliu, a metodei gravimetrice.

Rezultatele gravimetrice, confirmate integral de forajul de explorare, pun în evidență o compartimentare a fundamentului după un sistem de falii longitudinale și transversale, în trei grabene separate de două horsuri transversale. Pe grabene s-au instalat trei cuvete, separate prin creste transversale de fundament. În raport cu mișcările în etape ale compartimentelor de fundament, situație care a impus și sedimentarea diferențiată în bazin, adîncimea cuvetelor scade în trepte de la vest spre est. La cele două capete sînt dezvoltate cîte o cuvetă (Cîmpu lui Neag-Uricani, la vest; Valea Sălătrucului, la est); a treia se află la centru (Lupeni).

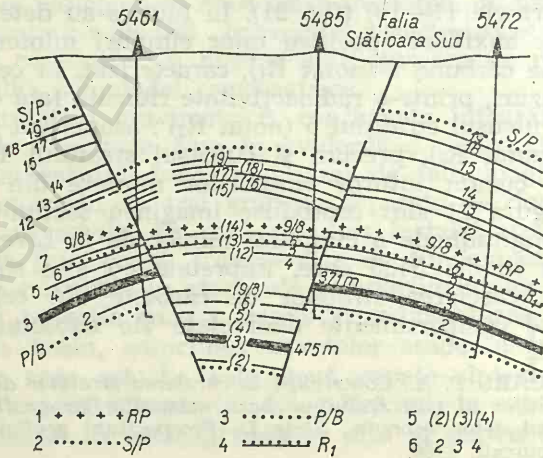
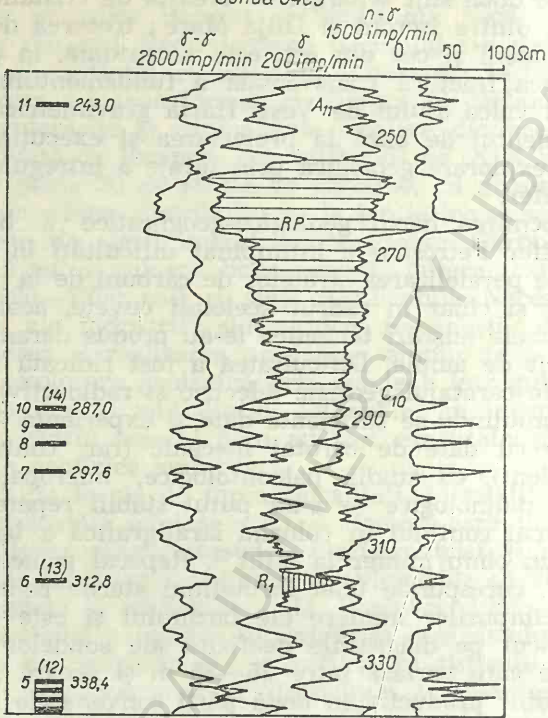
Primele două sînt separate de creasta de cristalin transversală dintre Iseroni și Dilja Mare; trecerea de la cuvetă Lupeni și cea din est, este accentuată, în plus, de puternica fractură transversală a fundamentului, paralelă cu valea Jiului de Vest. Harta gravimetrică a fost instrumentul de bază la proiectarea și execuția planului de explorare geologică prin foraje a întregului bazin carbonifer.

Întocmirea hărții geologice-geognostice a bazinului carbonifer Petroșani a întîmpinat dificultăți în ceea ce privește paralelizarea stratelor de cărbuni de la o cuvetă la alta, și chiar în cadrul aceleiași cuvete, acolo unde, local, unele mișcări tectonice le-au produs deranjamente suficient de ample. Dificultatea a fost ridicată în bună parte de carotajul geofizic (electric și radioactiv), atunci cînd cumulîndu-se suficiente date și experiență — paralelizate cu date de carotaj mecanic (rar continuu și concludent), cu studii paleontologice, micropaleontologice și palinologice — s-au putut stabili repere sigure și cît mai continui în coloana stratigrafică a bazinului, de la un cîmp minier la altul⁴¹. Reperul principal, notat RP, corespunde unei formațiuni sterile comune tuturor cîmpurilor miniere ale bazinului și este ușor de recunoscut pe diagramele geofizice ale sondelor; are o grosime care variază între 25—35 m și separă „orizontul mediu” productiv în două părți convenabile (în partea inferioară se găsesc stratele 1—10, iar în cea superioară stratele 11—19) (fig. 21). În plus, s-au determinat și repere auxiliare specifice unor cîmpuri miniere, ca: stratul de cărbune 6 (notat R₁), caracterizat, în cele mai multe cazuri, printr-o radioactivitate ridicată față de alte stratele; culcușul stratului 5 (notat R₂); acoperișul stratului 13 (notat R₃), precum și culcușul stratului 10 (notat C₁₀), comun tuturor cîmpurilor miniere din bazin.

În figura 21 sînt reproduse imaginea secțiunii geologice longitudinale a cîmpului minier de la Livezeni și diagramele sondei 5485 care, împreună cu alte sonde, a servit la corelarea stratelor de cărbune din cele trei presupuse compartimente denivelate ale subsolului. Pe

⁴¹ BACĂRU P. A., *Contribuții la corelarea stratelor din bazinul carbonifer al văii Jiului pe baza măsurătorilor geofizice de sondă*, Stud. tehn. econom., Seria D (Prospecțiuni geofizice), VI, 5—25, București, 1966.

Sonda 5485



diagrafiile sondei 5485 (compusă din patru curbe geofizice, trei radioactive și una de rezistivitate electrică), se remarcă reperul principal (RP) și reperul auxiliar R_1 , precum și semnalele caracteristice pentru stratele de cărbune 5—11, situate în compartimentul median al cîmpului minier, pe intervalul de adîncime 243,0—338,4 m. Din corelarea diagrafiilor celor trei sonde din lungul secțiunii geologice, rezultă că interpretarea anterioară privind corelarea stratelor de cărbuni, făcută numai pe bază de date geologice, era eronată, că poziționarea faliilor era greșită și că, în realitate, distribuția stratelor de cărbune este continuă pe întreaga lungime a secțiunii geologice. Este un exemplu din care apare cu multă claritate importanța carotajului geofizic în procesul de interpretare geologică și în cel de evaluare a rezervelor de substanțe minerale utile, prin posibilitățile pe care le are de a stabili cantitativ adîncimea, grosimea și forma structurală a orizontului care interesează din acest punct de vedere. Valoarea carotajului geofizic pentru zăcămintele de cărbune este sporită și de informațiile pe care le poate oferi cu privire la conținutul în cenușă, a umidității lor, a substanțelor volatile pe care le conțin de la un loc la altul ș.a.

2.4. Radiografii geofizice în domeniul geologiei tehnice

Numeroasele probleme pe care le are de rezolvat geologia tehnică sau inginerescă (de la descoperirea și caracterizarea zăcămintelor naturale cu materiale de construcții, pînă la fazele de proiectare, execuție și exploatare a instalațiilor industriale sau a lucrărilor de „artă inginerescă”), s-au răsfrînt în geofizica aplicată prin dezvoltarea unei ramuri specifice, geofizica inginerescă. Metodele geofizicii ingineresti derivă din metodele prospecțiunii geofizice dar care, prin specializare, au ajuns la aparatură proprie, la tehnici de teren adecvate, la

←
Fig. 21 Secțiune geologică longitudinală prin cîmpul minier de la Livezeni și diagrafiile sondei 5485 utilizată la corelarea stratelor de cărbune (după P. A. Bacăru, 1966):

1, reper principal; 2, limita superioară a orizontului mediu productiv; 3, limita inferioară a aceluiași orizont; 4, reperul auxiliar (stratul 6); 5, corelare anterioară eronată; 6, corelare corectată.

metodici de prelucrare și interpretare caracteristice problemelor de rezolvat.

Studiile geologice și geotehnice de teren aplică ca metode de investigare cartarea detaliată geologică și geotehnică, precum și forajul de mică adâncime pentru extragerea de probe de rocă care supuse la încercări geotehnice, conduc la determinări statice ale modulului de deformare elastică, modulului de forfecare, coeficientului de frecare. Or, forajul este foarte costisitor, determinările statice de laborator anevoioase, iar rezultatele se referă la puncte izolate, greu sau riscant de corelat pe distanțe mai mari. Coeficienții geotehnici de siguranță aleși în asemenea situații sînt mult mai mari, ceea ce conduce la supradimensionări ale construcției, deci la imobilizarea inutilă de materiale și bani. Înlăturarea acestor aspecte o realizează geofizica inginerescă, situație care explică și evoluția ei spectaculoasă. Metodele geofizice folosite (seismice, electrometrice, gravimetrice etc.) studiază variațiile parametrilor fizici ai rocilor care interesează construcția ca : viteza de propagare a undelor elastice longitudinale și transversale, rezistivitatea electrică, porozitatea, permeabilitatea, densitatea ș.a. Prin corelarea parametrilor fizici ai rocilor cu elementele furnizate de studiile geotehnice se poate realiza o caracterizare din punctul de vedere al proprietăților inginerо-geologice a rocilor de pe întreaga suprafață de sprijin a construcției, absolut necesară lucrărilor de proiectare.

Pentru marile construcții industriale. Una din problemele majore ale geologiei tehnice derivă din sarcinile de proiectare a marilor construcții industriale, atît sub aspectul studiului terenurilor de fundații, cît și sub aspectul variației gradului de seismicitate pe care îl prezintă subsolul local, în raport de fondul general al seismicității regiunii respective.

Atrag atenția în mod deosebit marile construcții hidrotehnice (hidrocentrale), care prin amploarea construcțiilor angajează mari sume de bani și unde un studiu incomplet sau superficial al terenului de fundații poate duce la adevărate catastrofe. Dintre problemele geologice pe care le rezolvă *geofizica inginerescă* la studiul terenurilor pentru fundații hidrotehnice, în faza premergătoare execuției, cităm : determinarea suprafe-

țelor de separație ale rocilor cu proprietăți fizice departe de cele ale rocilor alterate ; cercetarea stării și proprietăților inginerо-geologice ale rocilor și modul de manifestare al cîmpurilor fizice observate în limitele suprafeței care va fi supusă acțiunii construcției proiectate ; determinarea condițiilor de zăcămint și de deplasare a apelor subterane, precum și studierea proprietăților fizico-chimice ale acestora ; studiul unor fenomene fizico-geologice particulare ca alunecările de teren, accidentele tectonice, fenomenul carstic ș.a. Studiile geofizice continuă și în faza de execuție și de exploatare, cînd rezolvă probleme ca : determinarea neomogenităților din mediile ambiante ; studiul cimentărilor și al pierderilor de apă din apele de acumulare și riuri ; studiul presiunilor în galeriile miniere și tunelurilor de aducțiune ; determinarea infiltrațiilor de apă în barajele de pămînt ; studiul schimbării echilibrului hidrodinamic al versanților etc.

În România, geofizica inginerească are o pondere din ce în ce mai mare și mai importantă în studiile geotehnice. Unități pentru studii de teren și de laborator, bine încadrate cu personal calificat și înzestrate cu cele mai moderne aparate și utilaje, activează în cadrul mai multor institute și întreprinderi, cum ar fi : Întreprinderea geologică de prospecțiuni pentru substanțe minerale solide (I.G.P.S.M.S.), Institutul de studii și proiectări hidrotehnice (I.S.P.H.), Institutul de studii și proiectări pentru îmbunătățiri funciare (I.S.P.I.F.), Întreprinderea de foraj și lucrări geologice speciale (I.F.L.G.S.), pentru a le numi pe cele mai cunoscute. Pentru unele unități, obiectivul numărul unu îl reprezintă instalațiile hidrotehnice ⁴².

Cele mai ample studii de geofizică inginerească au fost realizate pentru sistemul hidroenergetic și de navigație de la Porțile de Fier. Aici, în cooperare cu geofizicienii iugoslavi, au fost utilizate metode seismice, electrometrice și de carotaj geofizic (electric și radioactiv).

Seismica a avut ponderea cea mai mare : metoda de refracție pentru determinarea grosimii aluviunilor și a

⁴² VASILIU I., MERKLER GH., *Probleme ale prospecțiunii geofizice pentru studiul fundațiilor unor hidrocentrale din R. S. România*, Bul. Soc. Științ. Geol. Rom., XIII, 219—243, București, 1971.

stratelor de alterație a rocii de bază, necesară cunoașterii volumelor de excavat; metoda înregistrării undei directe prin împușcare și înregistrare la diferite niveluri în foraje și galerii de cercetare pentru determinarea proprietăților elastice ale rocilor de bază; metoda înregistrărilor polare cu ultrasunete, în paralel cu încercările geotehnice pentru stabilirea unor coeficienți de corelație dintre parametri fizici statici și dinamici și metoda seismometrică, în paralel cu încercările de forfecare a blocurilor rocă-rocă în vederea precizării momentului de forfecare. Metodele electrometrice (sondajul electric vertical și profilarea electrică) au contribuit la obținerea a numeroase informații ca: adâncimea rocii de bază, localizarea maselor rezistente izolate, comportarea bazinului de acumulare privind retenția apei, eficacitatea cimentării ș.a. O bună parte din studiile geotehnice și geofizice erau încheiate la mijlocul anului 1966, când au început excavațiile și erau definitivare pentru fundație la data începerii betonării (aprilie 1967).

Amplasamentul barajului hidrocentralei de la Porțile de Fier se află pe roci metamorfice constituite din gnaise, micașturi și amfibolite. Problema esențială a constat în a stabili o corelație între modulii de elasticitate static și dinamic determinați în puncte izolate din galeriile de cercetare de pe maluri, pe baza unor măsurători paralele microseismice și geotehnice și, apoi, aplicarea acestei corelații pe aria acoperită de apele Dunării, unde nu erau posibile decât măsurători microseismice prin generări de explozii și înregistrări la trei nivele în găuri forate în patul fluviului la o adâncime de 45 m în roca de bază. Astfel de măsurători s-au executat în 68 de găuri de sondă situate într-o rețea la distanță medie de 120 m. În 31 de foraje seismice au fost executate și măsurători de carotaj electric și radioactiv. Pe baza datelor înregistrate și prelucrate, au fost întocmite trei hărți cu linii de izoviteze, pentru intervalele de adâncime ale rocii de bază: 0—22 m, 22—45 m și 0—45 m. Valorile vitezelor medii au o variație între 2,80—4,70 km/s pentru compartimentul superior și între 2,95—5,00 km/s pentru cel inferior, ceea ce reflectă din punct de vedere elastic o variație importantă a rocii de bază din lungul zonei cercetate. Din analiza distribuției vitezelor, s-a întocmit o zonalizare a acestora care scoate

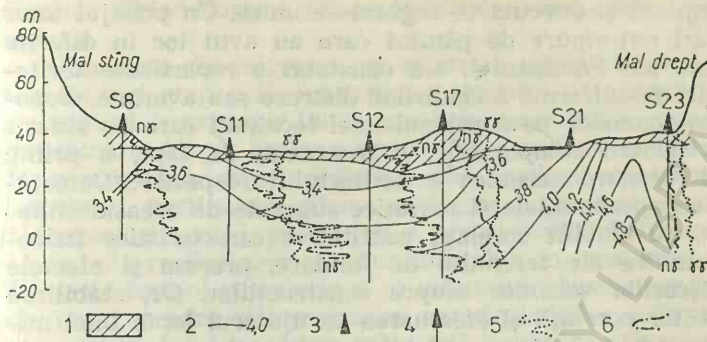


Fig. 22 Secțiune complexă geofizică din zona barajului Porțile de Fier (după I. Vasiliu și Gh. Merkle, 1971):

1, aluviuni; 2, izolinii de viteză; 3, foraj seismic; 4, foraj carotat geofizic; 5, curba $\gamma - \gamma$; 6, curba $n - \gamma$.

în evidență creșterea valorilor de viteză cu adîncimea și micșorarea substanțială a ariei zonelor cu viteze mici pentru compartimentul inferior, ceea ce atestă, în general, o calitate bună a rocii de fundație.

În figura 22 este reprodusă o secțiune geofizică complexă din zona barajului Porțile de Fier, pe care se realizează o interpretare integrată a măsurătorilor de viteză și de carotaj radioactiv (gama-gama și neutron-gama), realizate în șase găuri de sonde aflate în lungul acestui profil. Se poate constata o bună concordanță între ambele tipuri de rezultate geofizice: în zona forajului S-23 de pe malul drept al Dunării, unde roca de bază este foarte consolidată, variația curbelor de radioactivitate este monotonă, în timp ce în zonele forajelor S-17 și S-11, variațiile mari ale acestor curbe, precum și valorile mai scăzute de viteză indică o rocă cu proprietăți elastice mai slabe. În forajul S-17, creșterea curbei neutron-gama, concomitentă cu scăderea valorilor gama-gama către talpa sondei, este în acord cu creșterea valorilor de viteză, ceea ce arată îmbunătățirea rocii cu adîncimea.

Microzonări seismice. Microzonarea seismică a apărut ca o preocupare relativ recentă în cadrul seismologiei ingineresti, cu scopul principal de a furniza elementele necesare în proiectarea construcțiilor care urmează a se

amplasa și execută în regiuni seismice. Cu prilejul unor mari cutremure de pământ care au avut loc în diferite zone ale Pământului, s-a constatat o repartizare teritorială neuniformă a clădirilor distruse sau avariate. Separarea zonelor pe cuprinsul unei localități care au suferit stricăciuni comparabile, a însemnat, de fapt, o primă microzonare seismică a teritoriului respectiv. Cercetările experimentale și teoretice sugerate de această situație, au stabilit corelații cantitative caracteristice fizico-mecanice ale terenului de fundare, precum și efectele mișcărilor seismice asupra construcțiilor. Or, stabilirea acestor corelații și efectuarea cu ajutorul lor a unei microzonări seismice prealabile producerii cutremurelor de pământ distrugătoare, permite luarea măsurilor corespunzătoare de securitate, respectiv de prevenire a degradărilor ce pot fi cauzate de macroseisme.

Studiile de teren au un caracter complex, geotehnic și geofizic, privind analiza de detaliu a condițiilor seismo-geologice ale terenului cercetat. Rezultatele obținute conduc la alegerea parametrilor optimi pentru calcularea structurilor de rezistență a instalațiilor industriale sau obiectivelor de artă inginerească în proiectare. Amploarea mare pe care a luat-o acest gen de studii pe plan internațional și la noi, singurele capabile să definească răspunsul terenului la solicitări vibratorii, se datorează economicității lor, timpului scurt de execuție, razei mari de investigație privind distribuția proprietăților elastice ale terenului și eficacității rezultatelor care asigură un grad sporit de asigurare și de reducere la minim a avariilor cauzate de cutremurele de pământ. Solicitățile vibratorii sînt reflectate prin modulii de elasticitate dinamici ai terenului. În plus, cu ajutorul măsurătorilor de seismică refracție pot fi determinați și parametrii elastici ai unor roci necoerente.

În România, asemenea preocupări au fost inițiate și continuu susținute, dezvoltate și urmărite de I.G.P.S.M.S. În decurs de peste un deceniu, au fost realizate numeroase microzonări seismice pe teritoriile unor localități planificate pentru dezvoltări de mari proporții, respectiv prin numeroase construcții industriale și civile, cum ar fi perimetrele existente și cele în extindere a orașelor

Bacău, Bîrlad-Zorleni, Focșani-Suraia, București, Galați ș.a.

O lucrare de microzonare seismică comportă următoarele trei etape: 1) cunoașterea seismică a teritoriului cercetat și încadrarea lui în zona de seismicitate corespunzătoare (după harta seismicității standard a țării); 2) cunoașterea caracteristicilor sale geologo-ingineresti (asociate particularităților geologice, geomorfologice, hidrogeologice etc.), precum și a proprietăților fizico-mecanice ale rocilor care compun subsolul, în care scop se folosește forajul geotehnic și 3) măsurători instrumentale de teren pentru determinarea caracteristicilor seismice ale teritoriului, în vederea calculării rigidității seismice a rocilor și, în final, corecția intensității seismice. Să precizăm că „rigiditatea seismică” a terenului, unul din criteriile de bază a microzonării seismice, reprezintă produsul dintre densitatea aparentă a rocilor și viteza de propagare a undei longitudinale (V_p).

Măsurătorile instrumentale de teren sînt executate cu un aparat seismic portabil, mono, bi sau multicanal (de exemplu, de tipul FS-2, FS-3 ș.a.), cu înregistrare directă a oscilațiilor terenului pe hîrtie fotosensibilă, prevăzut cu un dispozitiv pentru ecranarea zgomotelor mecanice ale mediului ambiant. Detalierea gradului de intensitate seismică se face prin determinări directe ale vitezei de propagare a undelor elastice (V_p și V_s) în zona vitezelor mici (stratul de sol și de alterație care acoperă așa-numita „rocă vie” de fundație). Generarea energiei pentru producerea oscilațiilor elastice se face: pentru unda longitudinală (P) prin bătăi de ciocan pe o placă de oțel, iar pentru unda transversală (S) prin lovituri laterale pe o țeavă de oțel înfiptă în teren. Receptarea undelor longitudinale se face cu un geofon vertical, iar a undelor transversale cu un geofon orizontal.

Din lucrările de microzonare seismică efectuate pînă în prezent pe teritoriul României, se desprinde o concluzie generală, anume că adîncimea nivelului hidrostatic joacă rolul cel mai mare în ceea ce privește modificarea intensității seismice locale.

Ca exemplu ilustrativ, vom prezenta harta microzonării seismice a municipiului București (fig. 23) și

concluziile generale care decurg din analiza ei⁴³. Studiul conține o analiză detaliată a datelor geologice de suprafață (succesiunea litologică a cuaternarului pe baza numeroaselor foraje existente) și adâncime (caracteristice Platformei Moesice), precum și a datelor geomorfologice, asociate formelor principale de relief (cîmpuri, terase și lunci). O atenție deosebită se dă complexelor geologice-genetice (depozite fluvio-lacustre, depozitelor loessoide, aluvionare, deluviale și de umplutură), proceselor geologice-dinamice actuale (alunecări și surpări, sufozii și tasări, înmlăștiniri), precum și condițiilor hidrogeologice ale regiunii (variabilitatea nivelului hidrostatic, pînze acvifere), în măsură să atragă atenția asupra zonelor în care intensitatea seismică prezintă creșteri locale în timpul perturbațiilor macroseismice, în depozite friabile și îmbibate cu apă.

Măsurătorile microseismice acoperă o suprafață de circa 400 km² și constau din 201 de determinări pentru viteza undei longitudinale și 51 de determinări pentru viteza undei transversale, în depozitele acoperitoare, pînă la adîncimi cuprinse între 20 și 25 m. Desimea punctelor măsurate este diferită de la o zonă la alta, dar suficientă pentru microzonarea seismică a teritoriului cercetat.

Potrivit hărții de macrozonare a teritoriului României (STAS 2923-71), perimetrul municipiului București se află situat pe aria cu gradul VII. Harta microzonării seismice a municipiului București (fig. 23) conține, pentru un perimetru care depășește zona construită pînă în prezent, mai multe microzone seismice, așa cum rezultă prin aplicarea corecțiilor de intensitate seismică calculate din măsurătorile seismice efectuate. Sînt trei microzone de seismicitate, notate VII, VII—VIII și VIII. În microzona VII, — care cuprinde aproape în întregime cîmpurile Pipera-Pantelimon și Cotroceni-Văcărești, precum și o bună parte din interfluviul Dîmbovița-Colentina, — valoarea corecției intensității seismice variază între - 0,3 și + 0,2 grade, suficient de mică pentru a nu modifica intensitatea seismică stabilită prin macrozona-

⁴³ MĂNDRESCU N., *Cercetări experimentale de microzonare seismică*, Stud. cerc. geol., geofiz., geogr., Geofizica, 10, 1, 103—116, București, 1972.

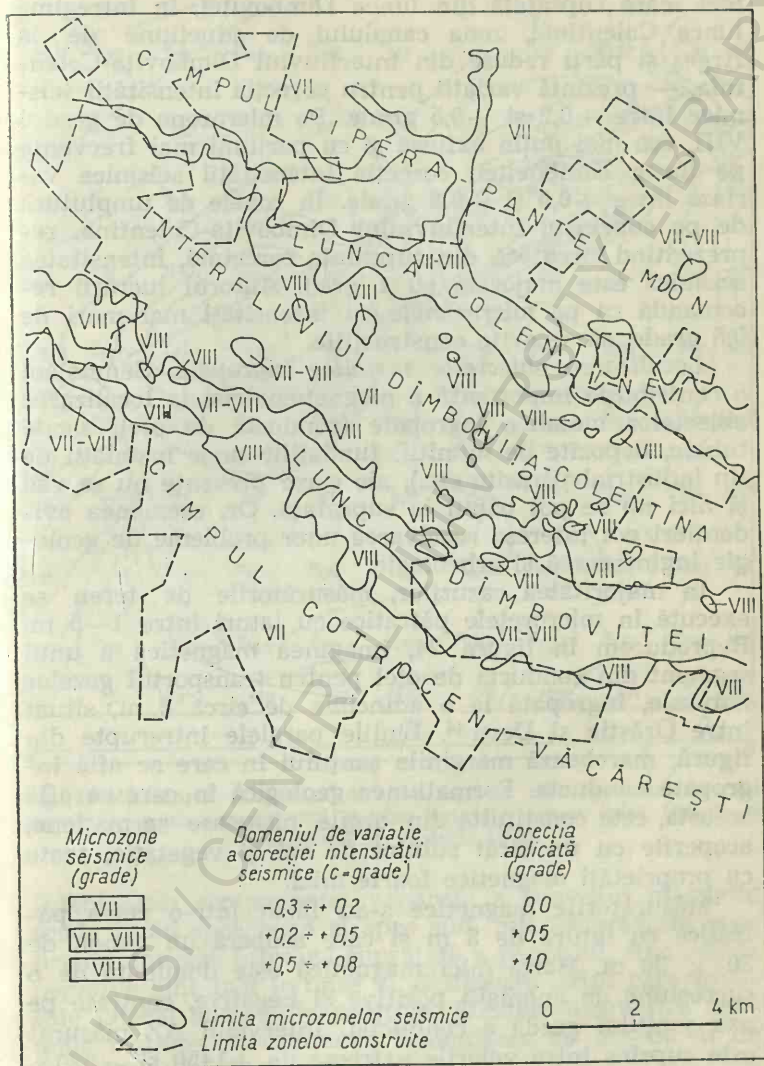


Fig. 23 Harta microzonării seismice a teritoriului municipiului București (după N. Mândrescu, 1972).

rea seismică. În microzona VII—VIII, — care ocupă cea mai mare suprafață din lunca Dîmboviței, în întregime lunca Colentinei, zona canalului de aducțiune de la Argeș și părți reduse din interfluviul Dîmbovița-Colentina, — prezintă variații pentru corecția intensității seismice între $+0,2$ și $+0,5$ grade. Pe microzona de gradul VIII, cea mai puțin extinsă și cu porțiuni mai frecvente pe lunca Dîmboviței, corecția intensității seismice variază între $+0,5$ și $+0,8$ grade. În zonele de umplutură de pe cuprinsul interfluviului Dîmbovița-Colentina, reprezentînd circa 50% din suprafața cercetată, intensitatea seismică este majorată cu 1 grad. Autorul lucrării recomandă ca pe microzonele cu intensități mai mari de 0,5 grade, să se evite construcțiile.

Localizarea obiectelor metalice îngropate. Semnalăm o contribuție importantă a magnetometriei la localizarea obiectelor metalice îngropate (conducte de oțel, sonde tubate, depozite de muniții, fundațiile unor instalații de tip industrial părăsite etc.), ale căror prezențe nu se văd și nici nu se pot bănuir la suprafață. Or, asemenea evidențieri pot interesa rezolvarea unor probleme de geologie inginerească și arheologie.

În majoritatea cazurilor, măsurătorile de teren se execută în microręțele pătraticе cu laturi între 1—5 m. Reproducem în figura 24, imaginea magnetică a unui segment din conducta de oțel pentru transportul gazelor naturale, îngropată la o adîncime de circa 2 m, situat între Orăștie și Deva⁴⁴. Liniile paralele întrerupte din figură, marchează marginile șanțului în care se află îngropată conducta. Formațiunea geologică în care se află aceasta, este constituită din argile nisipoase sarmațiene, acoperite cu un strat subțire de sol și vegetație, toate cu proprietăți magnetice foarte mici.

Măsurătorile magnetice s-au făcut într-o rețea pătratică cu latura de 3 m și care acoperă un panou de 30×30 m. Harta micromagnetică este dominată de o succesiune de anomalii pozitive și negative, centrate pe axa șanțului gazdă a conductei. Intervalul ΔZ măsurat este cuprins între valorile extreme de $+1450$ și -820 γ .

⁴⁴ AIRINEI ȘT., *Efectul magnetic al conductelor de oțel îngropate și al șinelor de C.F.*, D.S., Inst. Geol., XLVI (1958—1959), 419—427, București, 1962.

polul pozitiv, la celălalt, polul negativ. Magnetizarea conductelor este de natură termoremanentă, fenomenul producându-se în timpul răcirii și în cîmpul geomagnetic, după ultimul proces de laminare și tăiere. Același tip de magnetizare îl prezintă și șinele de cale ferată.

În partea de jos a panoului este desenată proiecția segmentului de conductă și îmbinările capetelor fiecărui tronson cu a tronsoanelor vecine : un tronson central B și cîte o porțiune din tronsoanele A și C. Întîmplarea face ca în cazul acesta, îmbinarea să se fi realizat prin capete cu poli magnetici opuși (+) și (—). În alte situații au fost cartate efecte magnetice ale unor îmbinări prin capete cu poli magnetici de același semn : (+) cu (+) sau (—) cu (—).

Există o mare asemănare între dipolaritatea tronsoanelor de conducte din oțel sau a șinelor de cale ferată, cu aceea pe care o manifestă zăcămintele metalifere sau corpurile lentilifere și filoniene formate din roci cu proprietăți magnetice ridicate. Poziția lor orizontală, înclinată sau verticală se reflectă diferit în hărțile magnetice prin forma, intensitatea și direcția anomaliilor dipolare, în primele două situații, sau printr-o singură anomalie de maxim ori de minim pentru ultima.

2.5. Radiografii geofizice în domeniul hidrogeologiei

Problemele hidrogeologiei sînt soluționate în etapa de prospectare, cu metodele clasice ale prospecțiunii geofizice (în particular, metodele rezistivimetrice și seismice) și a carotajului geofizic, în etapa de explorare geologică. Pentru rezolvări indirecte, pot fi folosite și celelalte metode ale geofizicii aplicate. Pe plan mondial, după J. L. Astier⁴⁵, trei grupe de metode ocupă locul de frunte al listei : rezistivimetria (45,20%), seismica (21,30%) și carotajul geofizic (21,40%).

Metodele seismice fiind foarte costisitoare, nu sînt folosite pentru obiective pur hidrogeologice, decît pentru teritoriile foarte sărace în ape. Totuși, rezultatele seismicii obținute pentru alte categorii de obiective geologice, pot fi valorificate oricînd și pentru evidențierea

⁴⁵ p. 3.

și sistematizarea elementelor necesare rezolvării unor probleme locale sau regionale de hidrogeologie. Cum țara noastră este bogată în ape de suprafață și subterane, enorma bogăție de informație seismică nu a fost valorificată decât sporadic pentru aspecte de hidrogeologie.

Metodele seismice și rezistivimetrice au obiective comune în hidrogeologie ca : determinarea adâncimii patului și traseului văilor subterane sau a paleovăilor care pot fi rezervoare de ape ; determinarea adâncimii și reliefului fundamentului bazinelor sedimentare ; evidențierea tectonicii bazinelor sedimentare ; determinarea adâncimii și dezvoltării nivelului hidrostatic și altele de același fel. Metodelor rezistivimetrice le revin, în plus, o sumă de obiective cu un conținut mai subtil ca : evidențierea orizonturilor permeabile cu ape în bazinele sedimentare și determinarea gradului lor de porozitate ; direcțiile și vitezele de curgere a apelor subterane ; direcțiile de alimentare a straturilor acvifere subterane ; evidențierea zonelor de alterare și a zonelor de fisurație, circulate de ape, în formațiuni geologice compacte ; determinarea salinității apelor subterane și separarea zonelor cu ape de salinitate redusă de cele cu ape sărate ; estimări asupra debitelor formațiunilor acvifere etc.

Pentru a înțelege eficacitatea metodelor electrometrice de rezistivitate, să ne amintim câte ceva despre rezistivitatea formațiunilor geologice. Rezistivitatea electrică este o proprietate fizică a rocilor, aceea de a se opune scurgerii curentului electric natural sau introdus în subsol, care depinde de caracteristicile fizico-chimice ale constituenților lor mineralogici, de porozitate, de gradul de saturație cu apă, de îmbibatie, precum și de compoziția și concentrația chimică a acestor ape. Practicarea metodelor rezistivimetrice necesită existența unui contrast de rezistivitate electrică între rocă și acvifer. Astfel, în formațiunile geologice compacte (eruptive, metamorfice sau sedimentare consolidate ca : dolomite, calcare, conglomerate și gresii cimentate), zonele permeabile — provenite prin alterări, fisurări sau fracturări — în care circulă apele, sînt evidențiate ca zone conductoare, deci prin anomalii electrice de minim. Cînd formațiunile sedimentare necimentate (nisipuri, pietrișuri, bolovănișuri) sînt îmbibate cu ape dulci, prezența

lor se face cunoscută prin maxime de rezistivitate, deci prin anomalii de maxim. Dimpotrivă, cînd aceleași formațiuni sînt îmbibate cu ape mineralizate (reci sau termale), sînt reflectate prin minime de rezistivitate, adică prin anomalii electrice de minim.

Pentru ilustrare, vom prezenta două exemple cu rezultate rezistivimetrice, din cele nu prea numeroase publicate pînă în prezent.

— Începem cu lucrarea care a adus contribuții importante la cunoașterea condițiilor hidrogeologice ale zonei Palazu Mare-Cocoșu⁴⁶, comandate de situația particulară hidrogeologică a formațiunilor geologice din coșerul zăcămintului prezentat anterior, prin intermediul anomaliei lui magnetice (fig. 25).

Zăcămintul de la Palazu Mare, cantonat în sisturi cristaline mezozonale și la adîncimi de peste 550 m, este acoperit cu depozite sedimentare constituite preponderent din calcare cretacice și jurasice cu un regim carstic accentuat, circulate de ape subterane cu debite variabile și destul de mari. Cercetarea rezistivimetrică și-a propus cunoașterea condițiilor hidrogeologice ale zăcămintului, mai mult decît a putut-o spune forajul hidrogeologic, în vederea eventualelor lucrări de deschidere pentru exploatarea lui, precum și rezolvarea locală a problemei alimentării cu apă potabilă a municipiului Constanța și a stațiunilor balneoclimaterice apropiate de pe litoralul Mării Negre. În concepția prospectorului, identificarea de zone noi carstice acvifere la vest și sud-vest de Lacul Siutghiol, ar putea constitui răspunsuri privind căile necunoscute încă, ce întrein bilanțul hidrologic al acestui mare rezervor de apă dulce, precum și la determinarea direcțiilor preferențiale de curgere a apelor subterane.

Măsurătorile rezistivimetrice au fost efectuate prin patru procedee de cîmp : profilare simetrică la trei niveluri, pentru cunoașterea variației rezistivității aparente a rocilor cu adîncimea și pe orizontală, în funcție de compactizarea lor ; sondajul electric vertical clasic (SEV), pentru determinarea grosimii pachetului de roci sedi-

⁴⁶ VĂJDEA V., GRECU P., NICOLAU S., *Contribuții geoelectrice la cunoașterea hidrogeologică a zonei Palazu Mare-Cocoșu*, D.S., Inst. Geol., LII/2 (1964—1965), 287—300, București, 1967.

mentare din coperișul zăcămintului de fier; SEV circular, pentru stabilirea direcțiilor de curgere a apelor subterane și SEV cu priză mediană, pentru separarea efectelor superficiale de efectele de adâncime. Suprafața cercetată este de circa 41 km². Cu ajutorul curbelor SEV au fost construite hărți de rezistivități la mai multe niveluri: pentru lungimi ale liniilor de emisie mici (AB = 80 și 130 m), intermediare (AB = 300 m) și mari (AB = 1000 și 2000 m). Din analiza rezultatelor obținute, rezultă existența a trei categorii de ape: *freatice*, cantonate în depozite cuaternare, sarmațiene și senoniene; *de adâncime*, cu mineralizație normală, situate în rețeaua carstică a calcarelor barremiene și jurasice, și *mineralizate*, localizate în partea superioară și alterată a fundamentului cristalin. În plus, s-a evidențiat intervalul de maximă carstificare, situat între 40 și 350 m, direcția generală de curgere a apelor subterane (SV—NE), precum și creșterea gradului de compactizare a calcarelor jurasice cu adâncimea, de la 350 m în jos.

În figura 25 este reprodusă harta de rezistivități pentru AB = 1000 m, ceea ce ar corespunde aproximativ zonei din baza intervalului de maximă carstificare. Maximele de rezistivitate reprezintă efectul de compactizare al calcarelor barremiene și jurasice; ele sînt corelabile cu anomalii gravimetrice locale (Δg_{zz}), prin urmare cu volume ce au densități mai mari, deci compactizate. Anomaliile de minim rezistivimetric corespund la zone fisurate și carstificate, prin care circulă ape cu debite foarte mari. Se pare că între cele două maxime de rezistivitate și de gravitate (Δg_{zz}) există o falie paralelă cu axele lor și care a amplificat fisurarea și carstificarea depozitelor jurasice. Suprafața mare a minimeleor de rezistivitate arată extinderea aproape continuă a acviferului adînc, fapt care ridică probleme greu de rezolvat de tehnica minieră, atunci cînd se va impune exploatarea mineralizației feromagnetice.

Apele minerale constituie una din bogățiile importante ale subsolului românesc, atît prin multitudinea varietăților existente, cît și prin calitățile lor terapeutice sau alimentare. A devenit materia primă a unei adevărate industrii cu cerințe în continuă dezvoltare. Pentru sporirea cantităților de materie primă, se fac cercetări intense hidrogeologice și de geofizică aplicată. Exemplul

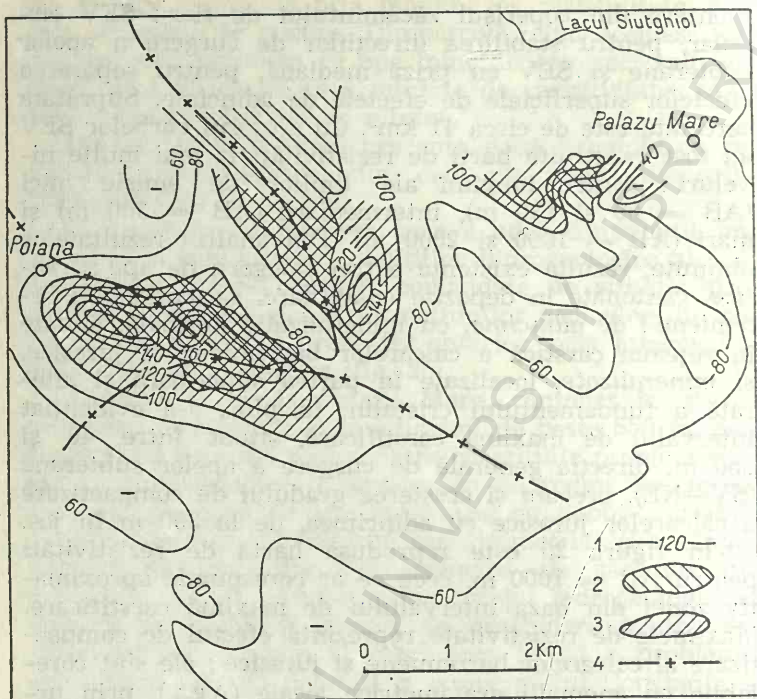


Fig. 25 Harta de rezistivități din perimetrul Palazu Mare-Cocoșu, pentru $AB = 1000$ m (după V. Vâjdea și colab., 1967):

1, curbe izocont; 2, anomalii locale (Δg_{zz}); 3, anomalii de maxim rezistivimetric; 4, ax de maxim gravimetric.

pe care îl vom prezenta, se referă la rezistivimetria executată pe un perimetru din stațiunea balneoclimaterică Buziaș (jud. Timiș), cu scopul evidențierii de rezerve noi de ape minerale carbogazoase necesare atât tratamentelor balneare cât, mai ales, pentru îmbuteliere ⁴⁷.

Geologia regiunii este relativ simplă: pe un fundament cristalin cata-mezozonal, situat la adâncimi în jur de 100 m (încadrat pe o tendință generală de ridicare spre sud, către Dealul Silagiu, unde apare la zi), se

⁴⁷ SCURTU FL., Metode noi de cercetare geoelectrică utilizate la Buziaș-Băi pentru evidențierea zonelor acvifere, Stud. cerc. geol., geofiz., geogr., Geofizica, 7, 2, 217—239, București, 1969.

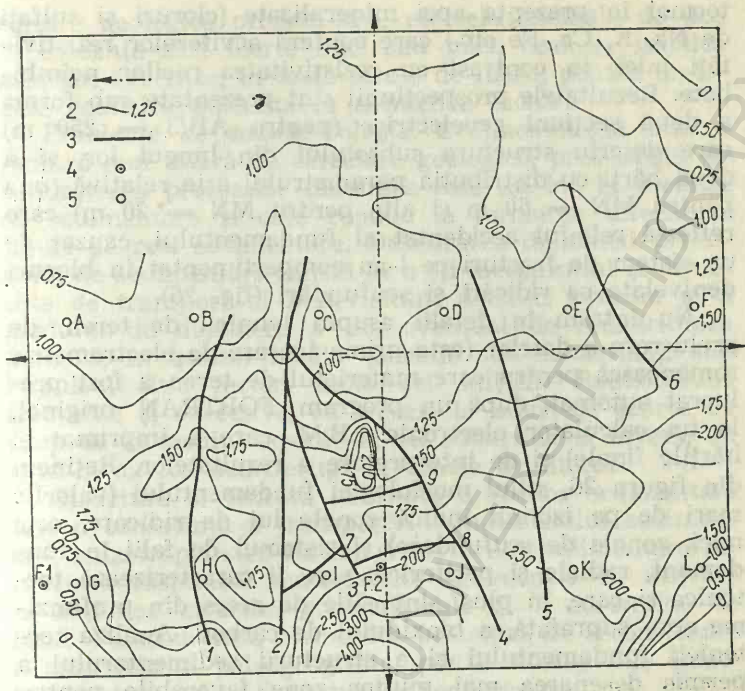


Fig. 26 Harta distribuției parametrului arie relativă J_s , pentru $MN = 60$ m (după Fl. Scurtu, 1969):

1, linie de alimentare cu curent continuu (emițătoarele încrucișate); 2, linii izoarii relative; 3, fracturi de fundament; 4, foraje; 5, sondaje electrice verticale (pășitoare).

află pachetul de roci sedimentare pliocene (nisipuri, gresii și marne) și cuaternare (aluviuni de terasă și loess). Din cele 10 foraje hidrogeologice existente atunci, se știa că sedimentarul conține trei strate acvifere suprapuse: stratul freatic, situat între 6—10 m adâncime; stratul din intervalul 17—70 m, nisipos și cu apă carbogazoasă cu caracter ascensional și stratul la contactul sedimentar/cristalin, cel mai bogat în bioxid de carbon și care, în foraje, se manifestă artezian, apa fiind ejectată pînă la 25—30 m deasupra solului.

Autorul a folosit două procedee rezistivimetrice, ambele adecvate problemei: cel al emițătoarelor încrucișate și cel al sondajului pășitor. Eficacitatea lor constă

tocmai în prezența apei mineralizate (cloruri și sulfati de Na, K, Ca, Fe etc.) care conferă acviferelor rezistivități mici, în contrast cu rezistivitatea rocilor neîmbibate. Rezultatele prospecțiunii sînt prezentate sub forma a două secțiuni geoelectrice (pentru $AB/3 = 250$ m) care descriu structura subsolului din lungul lor, și a două hărți cu distribuția parametrului arie relativă (una pentru $MN = 60$ m și alta pentru $MN = 20$ m) care reflectă relieful accidentat al fundamentului, cauzat de un sistem de fracturi ce l-au compartimentat în blocuri denivelate ca ridicări și scufundări (fig. 26).

Nu intrăm în detalii asupra tehnicii de teren, de prelucrare a datelor (este prima lucrare de electrometrie românească pentru care materialul de teren a fost prelucrat automat, după un program FORTRAN original, la un calculator electronic I.B.M. care a imprimat și hărțile finale) și de interpretare a rezultatelor. Reținem din figura 26, stilul morfologiei fundamentului (valorile mari de pe izolinii indică zonele lui de ridicare, cele mici, zonele de scufundare) și sistemul de falii în fundament, radiale și periferice, care îi caracterizează tectonica și care, în plus, sînt căile de acces din profunzime spre suprafață, a bioxidului de carbon. Analiza tectonicii fundamentului și a structurii sedimentarului a permis desenarea mai multor zone favorabile pentru executarea unor foraje de explorare a apei minerale carbogazoase, cum ar fi: zona cuprinsă între liniile 1 și 2; aceea situată în partea nordică între liniile 2 și 4; între liniile 4 și 5, în partea nordică cu debit din sedimentar, iar în partea sudică cu debit de la nivelul fundamentului ș.a.

2.6. Radiografii geofizice în domeniul sedimentologiei și al cartării geologice

Prezența geofizicii aplicate în aceste două domenii este de dată relativ recentă, iar pătrunderea ei s-a produs fie căutînd și conturînd singură obiective de studii utile, fie, mai rar, solicitată de specialiștii de ramură, atunci cînd observația directă, la suprafață, era limitată sau imposibil de făcut. Să mai semnalăm că pentru marea majoritate a problemelor de sedimentologie și de

cartare geologică propriu-zisă, efectele anormale de pus în evidență sînt foarte mici sau mici, ceea ce implică adaptări specifice, în toate fazele de lucru, pentru metodele geofizice eficiente în asemenea lucrări.

Probleme de sedimentologie. Sedimentologia este o ramură mai tînără de cercetare geologică, preocupată de cunoașterea proceselor dinamice care au loc în mediile de sedimentare și care conduc la formarea diferitelor tipuri de roci sedimentare. Descifrarea dinamicii procesului de sedimentare constă în a ști mecanismul și direcțiile de transport al materialului detritic, precum și a modului de depunere a lui, eventual de redistribuire parțială, în același mediu (acvatic sau subaerian), sub impulsul altor factori decît cei inițiali. Redistribuirii frecvente și succesive, cu treceri la intervale scurte de timp de la mediul acvatic la cel subaerian și invers, au avut și au loc neînterupt în zonele de litoral.

Structura și textura orientată a rocilor sedimentare sînt o consecință a transportului materialului sedimentar; anizotropia structurilor și texturilor sedimentare reprezintă răspunsul materialului sedimentar în mișcare la acțiunea atracției gravitaționale și a curenților de fund. Paleocurenții, elementul principal de reconstituire a ansamblului paleogeografic, pot fi deduși din anizotropia structurilor și texturilor sedimentare.

Baza fizică a cercetărilor geologice în sedimentologie constă în legătura dintre proprietățile fizice ale rocilor sedimentare și mișcarea sedimentelor în faza procesului dinamic de depunere. Densitatea conduce la o sortare a materialului în timpul transportului și la o depunere diferențiată a acestuia; magnetizarea remanentă detritică, variabilă ca intensitate de la tip la tip de rocă sedimentară, este un reper de determinare a direcției de transport a materialului, precum și de definire a ariilor sursă a sedimentarului; proprietatea radioactivă a materialului detritic, asociată densității acestuia, poate deveni, de asemenea, un reper eficient pentru determinarea direcției de transport și a sedimentării însăși.

Dintre puținele lucrări publicate pe această temă, semnalăm ridicările magnetice pentru evidențierea efectului micromagnetic al aluviunilor din terasele unor rîuri exterioare și interioare Masivului Poiana Ruscă și care atrag atenția specialiștilor, pentru prima oară la noi,

asupra unor soluții geofizice posibile pentru rezolvări de probleme sedimentologice⁴⁸. Atunci s-au putut face următoarele comparații și precizări: microhărțile magnetice reflectă sub formă de microanomalii cu intensități mici, efecte asociate strict depozitelor aluvionare de suprafață, pe o adâncime de câțiva metri, nefiind distorsionate de efecte magnetice produse de cauze geologice mai adânci; efectul micromagnetic al aluviunilor se află, în toate cazurile, orientat în lungul direcțiilor de sedimentare; între direcțiile de sedimentare și direcțiile preferențiale, determinate statistic, ale microanomaliilor magnetice, există raporturi de suprapunere pînă la identitate. Frecvența acestor aspecte în toate cazurile cercetate, a făcut pe autori să recomande micromagnetismul ca pe o metodă eficientă de determinare a direcțiilor de sedimentare pentru orice formațiune geologică și să precizeze că urmărind direcțiile de mișcare ale materialului detritic din aproape în aproape, se poate ajunge la locul de sursă al acestuia, iar în cazul unor fragmente de roci purtătoare de minereuri, la descoperirea zăcămintului de substanțe minerale utile din care au fost desprinse.

Au urmat și alte măsurători micromagnetice, sporadice, care au confirmat aceste concluzii. Pentru a înțelege procesul de orientare a efectului micromagnetic pe direcția de curgere și de sedimentare a materialului detritic, să ne reamintim despre semnificația fenomenului magnetizării remanente detritice. Proprietatea magnetică a rocilor, constituită din magnetizarea remanentă și magnetizarea prin inducție a lor, este cauzată efectiv de particule mici ale mineralelor feromagnetice conținute de ele și din care, cea mai comună este magnetita. Se știe că magnetizarea remanentă a rocilor se produce, de la tip la tip de rocă, prin patru mecanisme distincte: magnetizarea termoremanentă, magnetizarea remanentă detritică, magnetizarea remanentă chimică și magnetizarea remanentă vîscoasă. Mecanismul „magnetizării remanente detritice” este specific rocilor sedimentare. Orice grăunte de material feromagnetic, oricît de mic ar fi, se comportă ca un mic magnet dipolar.

⁴⁸ AIRINEI ȘT., ROMANESCU DR., *Efectul micromagnetic al unor aluviuni din regiunea de est a Masivului Poiana Ruscă*, Acad. R.P.R., Stud. cerc. geol., 5, 2, 361—381, București, 1960.

În timpul deplasării și sedimentării materialului detritic, micromagneții se aliniază în câmpul magnetic terestru corespunzător ambianței, oferind prin însumarea efectelor lor individuale, un efect magnetic sumă, relativ mic dar măsurabil. Dacă procesul orientării micromagneților nu ar avea loc, efectele magneților elementari s-ar anula reciproc, pînă la dispariția totală a oricărui efect magnetic purtat de fragmentele de rocă și existent în fiecare din ele.

Delta Dunării a fost în ultimele decenii scena a numeroase cercetări geofizice. Dintre lucrările publicate atrag atenția, din acest punct de vedere, două: una, de micromagnetism⁴⁹ și alta, de radiometrie⁵⁰, ambele cu implicații directe în sedimentologie și cu puteri de rezoluție în adîncime comparabile. În figura 27 sînt reproduse schematizat rezultatele cercetării radiometrice și o mică parte din cele micromagnetice.

În timpul amplelor lucrări hidrogeologice din Delta Dunării, A. Pricăjan a semnalat prezența nisipurilor cu minerale grele pe mai multe sectoare ale litoralului la sud de Sulina⁵¹. Primele remarci pe teren și în laborator au condus la constatarea că nisipurile marine din aceste arii conțin alături de componentele ușoare (cuart, calcit etc.) și cantități importante de minerale grele (granat, ilmenit, magnetit, zircon, titanit, rutil, hornblendă, hipersten, turmalină ș.a.). Acumulările de minerale grele din zonele de plajă apar sub forma unor strate milimetrice sau centimetrice, care se succed ritmic. Granatul și magnetitul conferă stratelor o coloratură caracteristică, evidențiind caracterul ciclic al depunerii nisipurilor marine, datorită alternanței intensității factorilor maritimi și eolieni care le întretin mișcarea.

⁴⁹ AIRINEI ȘT., *Măsurători micromagnetice pe teritoriul Deltei Dunării*, Rev. Peuce, Muz. Deltei Dunării, V, 7—21, Tulcea, 1978.

⁵⁰ VELCESCU R., TEULEA G., *Experimentarea unei metode de prospectare a mineralelor grele din zona Deltei Dunării și zonei litorale a Mării Negre*, Stud. tehn. econom., Seria D (Prospecțiuni geofizice), IX, 25—31, București, 1972.

⁵¹ AIRINEI ȘT., PRICAJAN A., *Informații geofizice privind structura geologică a fundamentului părții de nord a Deltei Dunării și originea mineralelor grele din nisipurile marine de pe litoralul Mării Negre*, D.S., Com. Geol., LI/2 (1963—1964), 103—117, București, 1965.

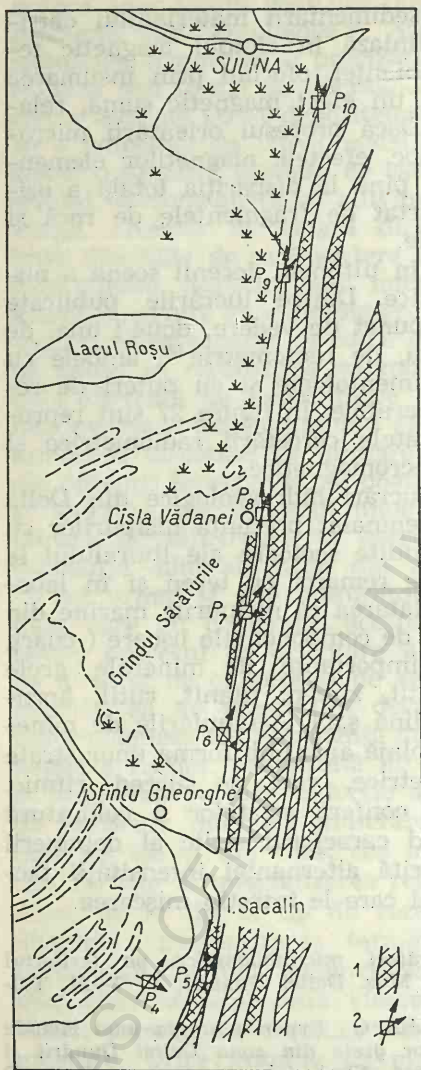


Fig. 27 Schița înregistrărilor radioactive în fața litoralului Mării Negre, pe segmentul dintre Sulina și Sfintu Gheorghe (după R. Velcescu și G. Teulea, 1972), și poziția panourilor micromagnetice cu direcțiile preferențiale ale microanomaliilor (după Șt. Airinei, 1976):

1, contur de anomalie [radiometrică];
2, panou micromagnetic și direcțiile preferențiale ale microanomaliilor cartate.

Interesul pe care îl prezintă mineralele grele pentru unele ramuri industriale și situația avantajoasă în care se găsesc ele în nisipurile litorale (preparate și semiclasate de natură la o granulometrie convenabilă pre-

lucrărilor preindustriale) au declanșat cercetări complexe de prospecțiuni și explorări în vederea valorificării lor. Prezența de minerale radioactive în fracțiunea grea a nisipurilor marine (monazitul, zirconul ș.a.) le determină o radioactivitate naturală și face din metoda radiometrică cea mai eficace metodă geofizică pentru prospectarea lor.

În cadrul prospecțiunii radiometrice din Delta Dunării s-a experimentat o stație de carotaj geofizic, prevăzută cu o electrodă pentru înregistrarea radiației gama naturală și a radiațiilor gama-gama provocate (metoda densitivă). Au fost executate înregistrări continui, la fel ca în gaura de sondă, prin tractarea la sol a electrodei, în lungul mai multor profile pe Grindul Sărăturile, la nord de localitatea Sfintu Gheorghe, precum și pe 21 profile dispuse perpendicular pe litoralul Mării Negre, pe o fișie de 4—5 km a platformei continentale, fișie paralelă cu țărmul și extinsă din Brațul Sulina pînă la sud de Brațul Sfintu Gheorghe. Adîncimea apei între cele două capete ale fiecărui profil atinge cel mult 15 m. Transportul pe mare al cablului și electrodei s-a făcut cu un cuter pescăresc. Pentru fiecare profil s-au executat, pentru control, înregistrări duble, dus-întors; diagramele ambelor marșuri s-au suprapus cu fidelitate în majoritatea cazurilor.

Harta cu izorade, redactată pe baza diagramei radiației gama natural, evidențiază patru șiruri de anomalii radiometrice, orientate aproape N—S, paralele cu țărmul și cu intensități ce depășesc local 600 imp./min. Intensitatea fișiiilor anormale scade spre nord și se anulează la circa 5—10 km sud de paralela geografică a Sulinei, precum și în dreptul Brațului Sfintu Gheorghe (situație schematizată în fig. 27). Se înțelege că fișiiile anormale corespund la zone cu nisipuri concentrate în nisipuri grele, în timp ce zonele dintre ele, cu intensități reduse sau lipsite de efecte radioactive, la nisipuri cu o concentrație redusă de minerale grele, pînă la o lipsă totală a lor. Să remarcăm că o fișie de anomalii radiometrice este cartată și pe litoral, la sud de Cișla Vădanei și că este paralelă cu fișiiile nisipurilor concentrate în fața țărmului marin. Dar, în afară de distribuția zonată a nisipurilor cu minerale grele, harta radiometrică dezvăluie mecanismul însuși al depunerilor

marine din fața Deltei Dunării și procesul de avansare al uscatului deltaic spre est, pe platforma continentală a Mării Negre. Cercetarea atentă a hărților topografice la scări mari, completată cu o vizionare din elicopter a teritoriului la est de grindurile Letea și Caraorman (așa cum a avut șansa să-l vadă autorul acestei lucrări), confirmă mecanismul de progresare în mare a Deltei Dunării, inclusiv pe acela de oscilație a liniei de țărm în deplasare spre est, așa cum ni-l dezvăluie harta radiometrică prezentată : o succesiune de grinduri separate cu zone înmlăștinite și plaur. Este exact ceea ce va deveni în viitor banda cu anomalii radiometrice : grinduri, fișiile radiometric intense, zone de mlaștină, fișiile intermediare.

Dacă radiometria dezvăluie elementele majore ale depunerii marine din fața litoralului deltei, micromagnetometria oferă elemente de detaliu privind procesul sedimentării și al redistribuirii parțiale a materialului, cu unele precizări semicantitative ale contribuției factorilor naturali maritimi și continentali care intră în joc cu intensități și adesea cu sensuri diferite. Conform magnetizării remanente detritice microanomaliile cartate conservă direcțiile inițiale de deplasare și de sedimentare ale materialului, precum și pe cele ulterioare, cauzate de redistribuirea parțială a sedimentarului.

În figura 27 sînt localizate cele 7 panouri micromagnetice măsurate pe litoral (notate P_4 — P_{10}) și pentru fiecare, raportat la centrul panoului, primele 2—3 direcții preferențiale purtătoare de semnificații fizice și geologice. Pentru o mai bună înțelegere, reproducem, în figura 28, microhărțile magnetice pentru panourile P_6 și P_9 , cu diagramele direcțiilor preferențiale ale microhărților magnetice.

Într-una din lucrările de sedimentologie despre Delta Dunării⁵², în care autorii se ocupă în mod special de procesul dinamic al sedimentării litorale, se ajunge la concluzia că aceasta depinde de factori extrem de variabili și complecși ca : vînturi, curenți, valuri, precum

⁵² PANIN N., ȘTEFANA PANIN, *Sur la genèse des accumulations des minéraux lourds dans le Delta du Danube*, Rev. géogr. phys., géol. dynam., (2), XI, Fasc. 5, 511—522, Paris, 1969.

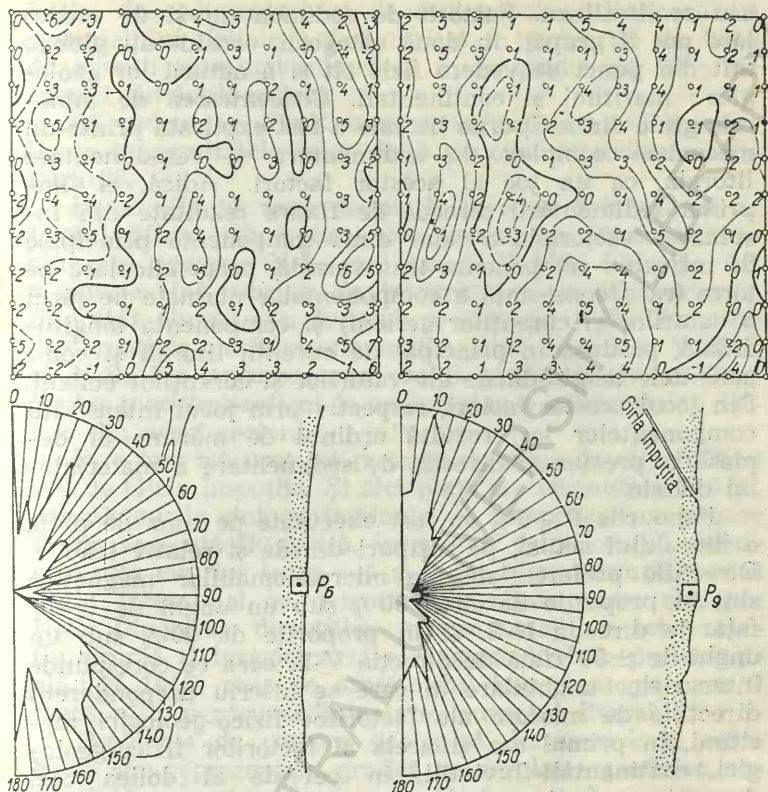


Fig. 28 Microhărțile magnetice ale panourilor P_6 (NE Sfintu Gheorghe) și P_9 (sud Gîrla Împuțită) și diagramele direcțiilor microanomaliilor magnetice cartate care reflectă procesul de sedimentare și de redistribuire a materialului deltaic și marin (Șt. Airinei, 1976).

și de natură granulometrică și mineralogică a sedimentelor.

Sedimentele din zona litorală actuală sau zonele litorale anterioare se găsesc sau s-au găsit pînă în momentul fixării lor, într-o stare de continuă mișcare condiționată de acești factori. Nisipurile nefixate de pe grindurile interioare sau cele de pe zona litorală se găsesc și în prezent în mișcare de continuă dunificare, constituind relieful eolian juxtapus reliefului fosilizat

sau semifosilizat. Factorii de sedimentare și de modelare pot fi grupați în două categorii, considerați global, atât din punct de vedere fizic cât și a naturii lor geologice: maritimi și continentali. Concentrarea de minerale grele din nisipurile litorale a fost explicată printr-un mecanism complex de sedimentare și resedimentare litorală, ca un joc al acestor factori. Adică, ei imprimă sedimentării direcții de fixare rezultate din însumarea vectorială a celor două componente principale de mișcare: componenta transversală, perpendiculară pe țărm (ca o consecință a componentelor normale pe țărm a valurilor și curenților aerieni) și componenta longitudinală, produsă în principal de curenții litorali și componentele longitudinale ale valurilor și curenților eolieni. Din jocul acestor factori, respectiv prin jocul intensității componentelor lor, rezultă ordinul de mărime al deplasării, precum și direcția de sedimentare a materialului deltaic.

Panourile P_4 — P_{10} au fost executate pe zona de plajă a litoralului actual, pe nisipuri umede și relativ stabile. Direcțiile preferențiale ale microanomaliilor magnetice sînt în proporție de circa 80% sub un unghi de $\pm 40^\circ$ față de direcția N-S și în proporție de 20% sub un unghi de $\pm 50^\circ$ față de direcția V-E, ceea ce corespunde intervalelor unghiulare în care se înscriu preponderent direcțiile de mișcare ale factorilor fizico-geologici maritimi, în primul caz și acela al factorilor fizico-geologici continentali-fluviatili, în cel de al doilea caz. Aceeași proporție se menține și pentru direcțiile preferențiale ale microanomaliilor magnetice de pe panourile măsurate pe grindurile interioare ale deltei. De aici, o concluzie de ordin general: unghiurile de incidență ale rezultantei celor două componente ale factorilor maritimi și eolieni în lungul litoralului actual se grupează în intervalul $\pm 40^\circ$ față de direcția N-S, în timp ce brațele principale și canalele deltei pe care se scurg apele fluviului și pe direcțiile cărora acționează preponderent factorii continentali se înscriu într-un unghi de $\pm 50^\circ$ față de direcția V-E. Cum sedimentarea și redistribuirea materialului deltaic au avut și continuă să aibă loc sub influența agenților maritimi-eolieni (grupați în unghiul $\pm 40^\circ$) și a agenților fluviatili-eolieni (distribuiți în unghiul $\pm 50^\circ$), se poate conchide, calitativ, că procesul

inițial de sedimentare și de redistribuire ulterioară a materialului deltaic a fost dirijat în proporție de 80% de agenții maritimi-eolieni și în proporție de 20% de agenții fluviatili-eolieni.

Să vedem, în sfârșit, cum se reflectă această generare în rezultatele celor două panouri reproduse în figura 28.

P₆ se află pe zona de plajă, la circa 5 km nord de Brațul Sfintu Gheorghe. Aici, orientarea țărmului marin este aproape N-S, mai exact N 5°S. Valorile ΔZ măsurate sînt cuprinse în intervalul $\pm 6\gamma$. Microanomaliile sînt alungite în general pe direcția N-S. Direcțiile preferențiale ale microanomaliilor sînt : N 155°E, N 25°E și N-S. Ele argumentează rolul preponderent al factorilor maritimi-eolieni la sedimentarea materialului deltaic din acest sector.

P₉ a fost măsurat tot pe zona de plajă, la circa 500 m sud de Gîrla Împutîta. Și aici plaja are orientarea N 5°E, dar nisipurile sînt contaminate de componente argiloase de proveniență fluviatilă. Intervalul valorilor ΔZ măsurate este cuprins între -4 și $+7\gamma$. Microanomaliile sînt puțin intense și au orientări pe aliniamente alungite N-S. Diagrama direcțiilor microanomaliilor este relativ simplă și înregistrează o singură direcție preferențială : N 10°S, ceea ce arată rolul important pe care îl joacă aici, pentru sedimentare, curentul litoral.

Probleme de cartare geologică. În sens larg, orice hartă sau reprezentare grafică cu rezultate geofizice, reprezintă o cartare geologică. Cartare geologică însemnînd trasarea limitelor geologice după formă (suprafețele care îmbracă un corp sau o structură geologică), geneză (de natură stratigrafică sau tectonică) și litologie (fără sens istoric-stratigrafic), cu o condiție, ca limita geologică să realizeze neapărat contrast fizic între mediile pe care le separă. Contrastul fizic poate fi realizat pentru una sau mai multe proprietăți fizice ale rocilor care alcătuiesc cele două medii geologice.

În sens restrîns, cartarea geologică reprezintă operația de notare pe harta topografică a limitei geologice observată direct în deschideri la suprafață sau în subteran, în lucrări miniere. Se întîmplă destul de des ca limitele geologice să fie acoperite pe distanțe destul de mari, cazuri cînd geologul este obligat să facă interpo-

lări în cartarea sa, adică să unească două capete vizibile ale limitei, fără să știe ce se întâmplă cu ea pe intervalul interpolat. Sînt cazuri cînd limita geologică necesită a fi localizată cu o bună precizie. Dacă pătura acoperitoare nu este prea groasă, se pot executa lucrări de decopertare (șanțuri transversale). Operația consumă însă mult timp și fonduri. În aceste cazuri, geofizica poate interveni și rezolva problema într-un timp scurt, cu suficientă exactitate și incomparabil mai ieftin. Principial, orice metodă de prospecțiune geofizică poate face acest oficiu. Metoda va fi aleasă în funcție de proprietatea fizică a rocilor care prezintă valoric contrastul cel mai mare și care poate ajunge la rezultatul dorit cu minimum de cheltuieli. Satisface acest ultim deziderat, în ordine, radiometria, magnetometria și electrometria.

Pentru exemplificare, se reproduce în figura 29, un profil magnetic măsurat pe valea Vinești (Săvirșin), peste un contact dintre granodiorite și diabaze, acoperit de un strat de aluviuni⁵³. În dreptul contactului geologic, regimul anomal relativ calm de variație a intensității

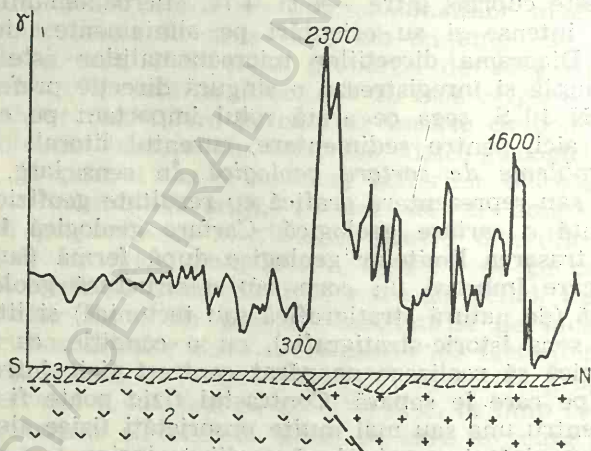


Fig. 29. Profil magnetic (ΔZ) pe valea Vinești (Săvirșin), traversind un contact dintre granodiorite și diabaze (după Dr. Romanescu, 1960): 1, diabaze; 2, granodiorite; 3, aluviuni.

⁵³ ROMANESCU DR., *Utilizarea prospecțiunilor magnetometrice la cartarea geologică*, Rev. Minelor, XI, 7, 311—318, București, 1960.

componentei magnetice ΔZ de pe granodiorite, suferă un salt foarte mare (un gradient de $2000\gamma/30$ m), continuând, pe diabaze, într-un regim de variație foarte agitat și intens. Dacă granodioritul ar fi substituit cu oricare altă rocă avînd proprietate magnetică mică sau foarte mică, contactul cu diabazele ar fi și mai pregnant pus în evidență. Dacă, din motive economice, există interesul cartării corpului granodioritic (banatitic), magnetometria o poate realiza cu succes datorită caracterului net al limitei geologice dintre el și oricare altă rocă înconjurătoare cu proprietăți magnetice mai mari sau mai mici decît ale sale.

2.7. Radiografii geofizice în arheologie

Arheologia reprezintă un domeniu recent și oarecum aparte de aplicare a metodelor geofizice. Căci, decopertarea „la întîmplare” a unor suprafețe întinse de teren care ascund urme de așezări umane vechi și îndepărtarea unor volume uriașe de „pămînt” depus de vînt și ape, sute și mii de ani, pentru a ajunge la vestigii care poartă adesea valori documentare de neevaluat pentru umplerea golurilor de cunoaștere a civilizațiilor trecute, cere arheologiei timp și mai ales mari resurse financiare.

Cercetările geofizice pentru arheologie asigură rapiditate, eficacitate și economie. Rapiditate în conturarea ariilor de interes imediat și de perspectivă a activității arheologice pe un obiectiv dat; eficacitate prin localizarea unor elemente de bază la conducerea săpăturilor și cercetărilor (ziduri exterioare, fundații de construcții, depozite de ceramică, obiecte metalice cu proprietăți magnetice etc.) și economie prin înlăturarea lucrărilor de tatonare, adesea sterile și costisitoare. Metodele geofizice care s-au impus în arheologie sînt magnetometria și rezistivimetria. Pentru detectarea golurilor subterane (pivnițe, grote, tuneluri etc.) sînt recomandate măsurători conjugate de rezistivimetrie și gravimetrie. Aplicarea acestor metode implică adaptări specifice la particularitatea obiectului cercetat, atît în faza execuției măsurărilor pe teren, cît și în aceea de interpretare a datelor obținute.

În țara noastră, arheologia din ultimele decenii s-a angajat într-o dezvoltare uluitoare, deplin justificată pentru luminarea trecutului nostru îndepărtat⁵⁴. Lucrări vaste sînt în plină desfășurare pe zeci de șantiere; altele așteaptă să fie deschise sau extinse. În toate cazurile, geofizica poate aduce contribuții de valoare, începînd cu fazele preliminară lucrărilor de șantier, pînă la cele ulterioare de laborator, prin datări paleomagnetice sau prin carbon-14. Apelul la geofizică este încă timid, iar rezultatele celor cîtorva lucrări de teren executate (la Histria, Păcuiul lui Soare, Capidava, castrul roman de la Baroe, Galați ș.a.), parțial publicate, rămîn încă necunoscute unui număr mai mare de interesați în astfel de probleme.

Pentru exemplificare, reproducem rezultate ilustrate prin două microhărți geofizice obținute pe arii restrînse, cu obiective arheologice distincte.

În figura 30 este reprodusă microharta cu izoohme pentru un tumul funerar din zona cetății Histria, notat convențional cu litera „A”⁵⁵. Scopul măsurărilor geofizice (rezistivimetrice și magnetice) pe arii cu tumuli funerari (construcții de înhumare sau de incinerare, ruguri cu sau fără cameră de incinerare), a fost, în principal, punerea în evidență a neomogenităților construcțiilor din baza tumulilor cercetați. În general, dispoziția izoohmelor se apropie cu valori descrescătoare de centrul formeii exterioare a tumulilor, care este, în majoritatea cazurilor, circular-conică. Imaginea rezistivimetrică obținută pentru tumulul „A”, poartă o particularitate: izoohmele care depășesc limita exterioară a tumulului au valori mai mari de 30 Ωm ; spre centrul tumulului valorile descresc și formează o plajă relativ omogenă cu valori cuprinse între 20 Ωm și 30 Ωm .

⁵⁴ GIURESCU C. C., *Românii în mileniul migrațiilor. Considerații asupra unor aspecte*. Discurs de recepție, în ședința solemnă din 15 februarie 1975, Ed. Acad. R. S. România, București, 1975.

⁵⁵ MERKLER GH., *Aspects concernant les résultats des mesures géophysiques de détail exécutées pour détecter des objets archéologiques dans les zones de „Păcuiul lui Soare” et de la cité d’Histria*, Rev. roum. géol., géophys., géogr., Série de Géophysique, 17, 1, pp. 103—122, Bucarest, 1973.

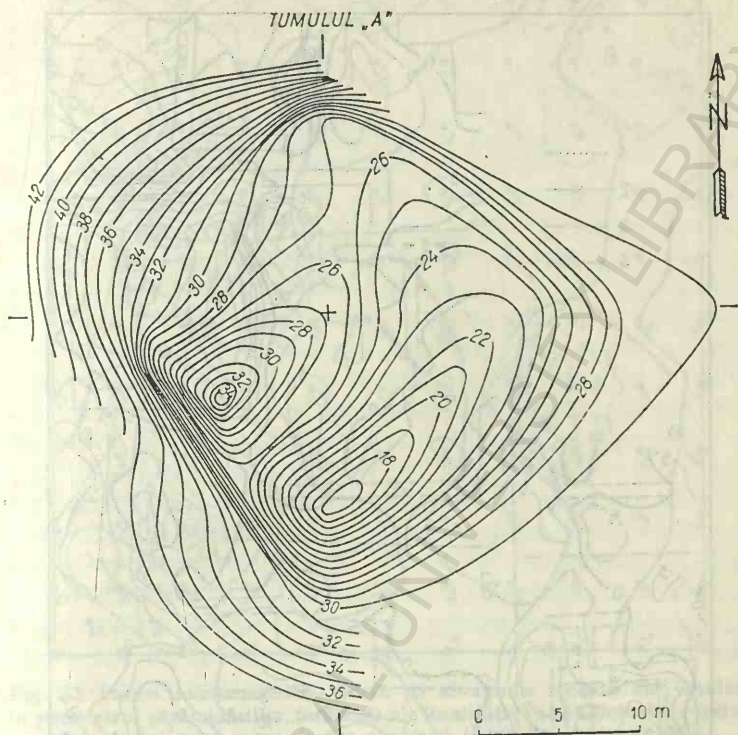


Fig. 30 Hartă electrometrică cu izoohme pentru tumulul funerar (notat convențional cu litera „A”) din zona cetății Histria (după Gh. Merckler, 1973).

Pe acest fond apar două zone paralele anormale : prima reprezintă un minim de rezistivitate cu valori mai mici de 20 Ωm , iar a doua un maxim cu valori mai mari de 30 Ωm . Prin urmare, anomaliile rezistivimetrice indică o neomogenitate structural-constructivă în baza tumulului. Interpretarea univocă a rezultatului va fi decisă de săpăturile arheologice care se vor executa.

Figura 31 conține imaginea micromagnetică pentru un perimetru restrâns din incinta cetății Histria, în care se găsesc vestigii aparținând la trei civilizații suprapuse. Măsurătorile magnetice au fost efectuate cu un magne-

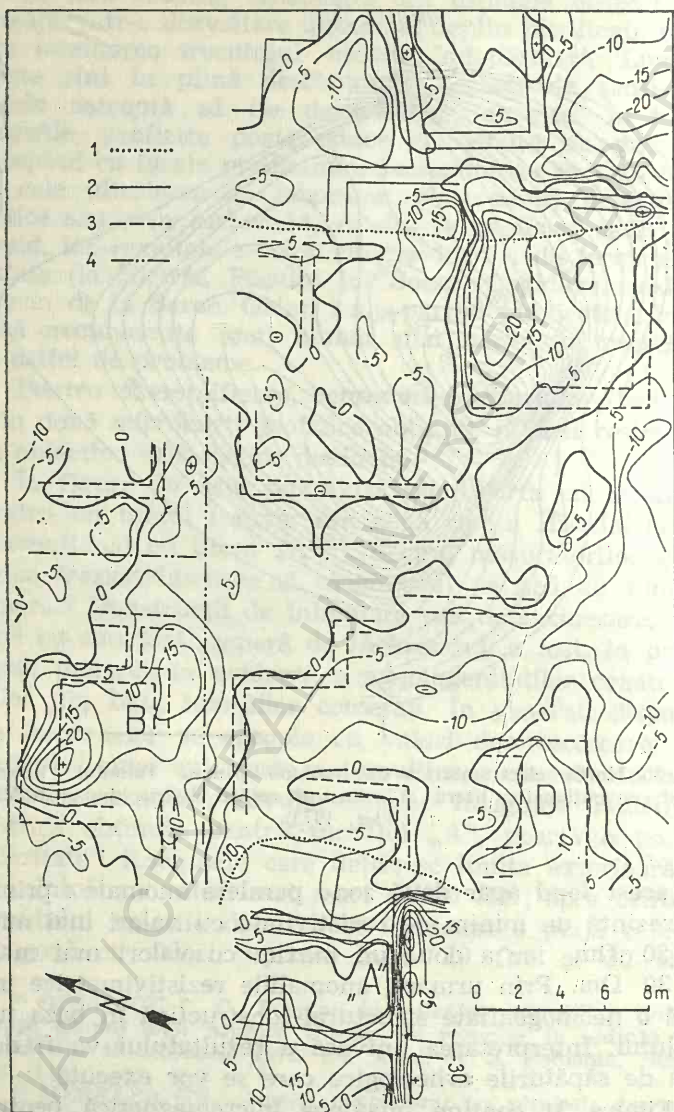


Fig. 31 Harta anomaliei magnetice totale (ΔT_a) pentru un perimetru din incinta cetății Histria, cu izanomale la echidistanță de 5γ (după V. Iliceto și A. Soare, 1971):

1, limita zonei excavate; 2, elemente constructive la zi; 3, elemente constructive prezumate; 4, axa prezumată a căii stradale.

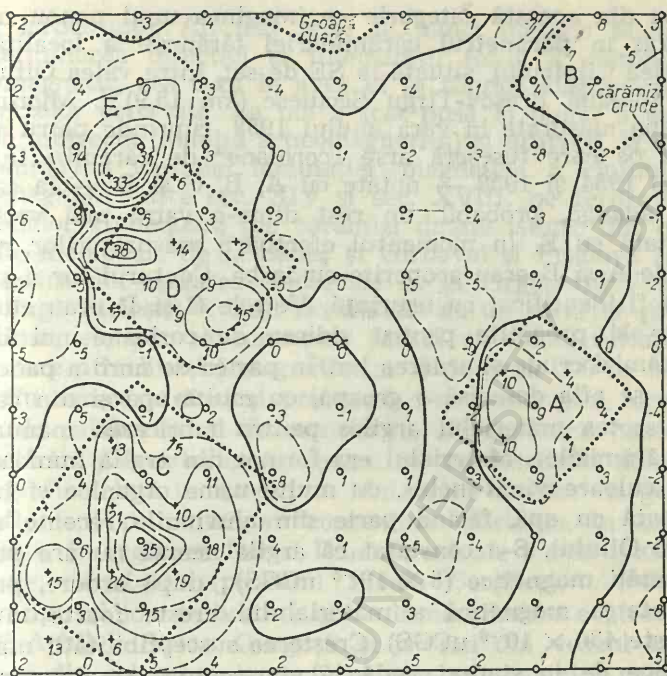


Fig. 32 Panou micromagnetic situat pe aluviunile recente ale Oltului, în perimetrul cărămidărilor țărănești ale localității Valea Cilnicului cuprinzând efectul unor vetre de ars cărămizi (după Șt. Airinei, 1963).

tometru protonic de tip Elsec Littlemore⁵⁶. Anomaliile magnetice bine individualizate permit corelări cu principalele structuri constructive aduse la zi de săpăturile arheologice. Plecând de la acest fapt, interpretarea celorlalte anomalii magnetice bine individualizate conduce la corelări cu alte structuri constructive ascunse și ne bănuite, pe care le localizează fie la exteriorul perimetrului decopertat arheologic, fie la niveluri mai joase în interiorul acestuia.

În figura 32 este reprodusă — deși lucrarea nu este realizată în scop arheologic, dar poate fi asimilată cu

⁵⁶ ILICETO V., SOARE A., *Ricerche magnetometriche sui resti archeologici della città di Histria (Romania)*, Atti dell'Istituto Veneto di scienze, lettere ed arti, Classe di scienze matematiche e naturali, Tomo CXXIX, pp. 85—94, Venezia, 1971.

una din această categorie — imaginea unui panou măsurat în perimetrul cărămidăriei țărănești a localității Valea Cîlnicului, situată la SE de sat, între valea Oltului și șoseaua Brașov-Tîrgu Secuiesc (km 15,9)⁵⁷. Microrețeaua măsurată în vara anului 1958 cuprinde patru vetre pe care fuseseră arse „corloane” de cărămizi între anii 1954 și 1958 — notate cu A, B, C și D — la care se adaugă, probabil, un rest dintr-o vatră mai veche, notată cu E. În momentul efectuării măsurătorilor, vetrele A și B erau acoperite cu iarbă. Conturul lor a putut fi identificat cu ușurință. Vetrele C și D erau curățate și pregătite pentru zidirea de corloane noi din cărămizi crude și arderea lor. În partea de nord a panoului, se afla deschisă o groapă, cu multă apă și din care se scotea materialul argilos pentru fabricarea manuală a cărămizilor. Materialul era format din argilă humoasă, de culoare vînăt-închis, cu multe urme organice și îmbibată cu apă, făcînd parte din aluviunile recente ale văii Oltului. S-a constatat că argila nearsă nu are proprietăți magnetice (8×10^{-6} uCGS); după ardere, proprietatea magnetică a materialului crește foarte mult (peste 430×10^{-6} uCGS). Creșterea susceptibilității magnetice de la starea crudă la starea arsă, se datorează transformării prin ardere, a sesquioxizilor liberi din argilă, compuși nemagnetici ai fierului, în oxizi de tipul romboedric ($\text{Fe}_2\text{O}_3 \alpha$) sau tipul cubic ($\text{Fe}_2\text{O}_3 \gamma$), cu proprietăți asemănătoare magnetitei (Fe_3O_4).

Fenomenul magnetizării prin ardere este cunoscut relativ de multă vreme. O rocă supusă la temperaturi peste punctul Curie al ei, își pierde proprietatea magnetică avută; la răcire, imediat ce trece sub punctul Curie se remagnetizează în cîmpul geomagnetic din acel moment, conservîndu-i caracteristicile (direcția, sensul și, proporțional, intensitatea). Procesul poartă denumirea de magnetizare termoremanentă. Problema a fost studiată în mai multe laboratoare din lume, în special pentru curgeri de lave, obiecte de ceramică și cărămizi

⁵⁷ AIRINEI ȘT., *Asupra unor categorii de magnetizări recente prin ardere*, S.S.N.G., Comunicări de Geologie, II, p. 101—110, București, 1963.

din antichitate. Au fost puse la punct metode pentru determinarea direcției și intensității fosile a cîmpului geomagnetic, așa cum le avea el în timpul magnetizării obiectelor cercetate. La noi a fost pusă la punct o metodă indirectă (numită arheomagnetica) și utilizată la determinări a variației înclinației magnetice a cîmpului geomagnetic între sec. XIV și sec. XVIII, pe teritoriile județelor Hunedoara (pe cărămizi datate istoric din cetățile medievale de la Sebeș și Gîrbova) și Prahova (pe ceramică din așezarea medievală de la Tîrgușorul Vechi de lângă Ploiești) ⁵⁸. Deși rezultatele au un caracter preliminar, ele par să contureze faptul că ciclul variației seculare a înclinației magnetice ar fi de circa 500 de ani.

Cu oarecare efort și pricepere s-ar putea găsi forme noi de colaborare și de contribuții ale geofizicii pentru descifrări paleoistorice în conexiune cu descifrări paleogeografice. Iată un exemplu. Mai mulți scriitori și geografi eleni și romani au consemnat existența, în antichitate, în regiunea Deltei Dunării actuale a mai multor insule, ca : *Leuce* (probabil Insula Șerpilor), *Achileia* (presupusul loc de baștină și de înmormîntare a „tracului” Achile), *Peuce*. Geografi și istorici din veacul trecut și din cel prezent, au făcut, pe baza textelor antice și a observațiilor proprii, numeroase și contradictorii presupuneri și localizări pentru una sau alta din insulele citate. ⁵⁹. Geofizica propune ca instrument de localizare a vechilor insule din zona de vărsare a apelor Dunării în mare, rezultatele ei reproduse în figura 33, în care se vede, prin intermediul anomaliilor gravimetrice locale de maxim, forma, distribuția și numărul insulelor cuprinse în sistemul peninsular de la gurile Istrului, înainte de a fi acoperite de depozitele actualei delte ⁶⁰.

⁵⁸ BUCUR IL., *Variația înclinației magnetice între secolele XIV și XVIII în două regiuni din R. S. România*, Stud. cerc. geol., geofiz., geogr., Geofizica, 5, 2, 217—283, București, 1967.

⁵⁹ DRAGALINA V. A., *Insula lui Achile*, Bul. Circ. trac. „Noi Tracii”, Centrul de studii istorice de la Veneția, nr. 9 (p. 1—6) și nr. 10 (pp. 2—8), Milano, 1975.

⁶⁰ AIRINEI ȘT., PRICAJAN A., *Contributions géophysiques à la connaissance de l'évolution géologique et de la morphogénèse du Delta du Danube*, Bul. Soc. Științ. Geol. Rom., XIII, 245—261, București, 1971.

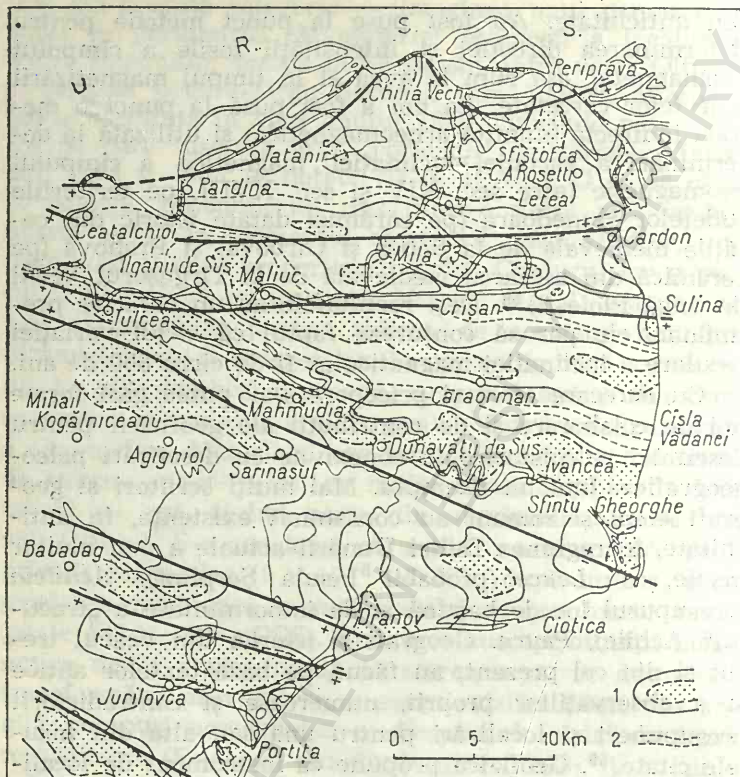


Fig. 33 Paleomorfologia reliefului predeltaic așa cum rezultă din cercetări gravimetrice (după Șt. Airinei, A. Pricăjan, 1971):

1, anomalii locale de maxim, prefigurind conturul insulelor și peninsulelor din fața Istrului; 2, paleobrațele vechiului fluviu.

Un studiu sistematic și corelativ între succesiunea proceselor fizico-geologice care au condus la formarea Deltei Dunării, de la cele mai vechi consemnări cunoscute și pînă în stadiul ei actual, ar putea constitui o cale de apropiere de adevărul paleogeografic și istoric rîvnit de cunoaștere.

3. RADIOGRAFII GEOFIZICE REGIONALE ȘI STRUCTURA GEOLOGICĂ ADÎNCĂ

3.1. Din istoricul preocupării geostiintelor asociate descifrării structurii geologice adînci a teritoriului României

Prima imagine de ansamblu, într-o sistematizare unitară și modernă, privind întreg teritoriul României, cu preocupări de ilustrare a structurii geologice la niveluri mai adînci în scoarța terestră, este *Harta tectonică a României* la scara 1 : 1 000 000, imprimată pînă în prezent în două ediții (1962 și 1972). La întocmirea ei au fost utilizate : toate observațiile de natură tectonică, consemnate de geologi în sute de lucrări și hărți pentru diferitele regiuni ale țării, în cei peste 100 de ani de activitate geologică organizată ; toate datele disponibile oferite de forajul adînc, precum și unele rezultate geofizice (gravimetrice și seismice)⁶¹.

Punctul de plecare spre descifrarea structurii la niveluri din ce în ce mai adînci, l-au oferit hărțile gravimetrice și magnetice. Au fost primele metode geofizice care, prin mobilitatea lor mare și prin cheltuielile relativ mici pe care le reclamau, au acoperit suprafețe întinse de pe teritoriul național. Întîi, în regiunile de cîmpie și dealuri, apoi în munți. În plus, ambele au putere de investigare mare : gravimetria, practic nelimitată ; magnetometria, pînă la geoterma Curie (15—25 km). Prin caracterul cumulativ al semnalelor măsurate de la structuri geologice situate la niveluri diferite de adîncime, ambele metode au atras atenția geofizicienilor asupra interdependenței structurilor de suprafață, cele care interesează direct activitatea geologică, de structurile situate la niveluri mai adînci în scoarța terestră. Se făcea astfel, un pas de mare valoare teoretică cu implicații directe în problemele geologiei economice.

⁶¹ DUMITRESCU I., SÂNDULESCU M., LAZĂRESCU V., MIRAUTĂ O., PAULIUC S., GEORGESCU C., *Mémoire à la Carte Tectonique de la Roumanie*, Ann. Com. Géol. Roum., XXXII, 5—96, Bucurest, 1962.

Condițiile de lucru și materialul de bază de care dispunea fiecare, a făcut ca, în aceeași perioadă, cercetători care se ocupau pe căi similare cu interpretarea obiectivelor geologice de interes economic, să se diferențieze treptat în ceea ce privește interpretarea relațiilor structurale din zonele adânci ale scoarței terestre. Diferențierea a început să se accentueze odată cu întocmirea lucrărilor de sinteză la scară națională, avînd ca obiective directe structurile geologice profunde. Destul de curînd s-au detașat două grupe de preocupări, pe două direcții aparent distincte din punctul de vedere al problematicii abordate. Inițiatorii și fruntașii acestor două grupări sînt două personalități de frunte ale geofizicii românești, din grupul pionierilor ei : prof. Iulian Gavăt, interesat mai ales cu descifrarea structurii majore a scoarței terestre și cu stabilirea relațiilor de dependență a structurilor geologice de suprafață de structurile subiacente lor și prof. Mircea Socolescu, inițiatorul și realizatorul studiilor de izostazie din România care, după cum era și firesc, i-au îndreptat atenția spre zonele mai adînci ale crustei terestre, acolo unde se produc și se desfășoară la scară planetară sau regională fenomenele fizico-geologice de interdependență între scoarță și mantaua superioară. O atenție deosebită a fost acordată proceselor geodinamice care au condus și conduc transformările în timp ale scoarței terestre în totalitatea ei, inclusiv structurile de interes geologic de la suprafața planetei.

Părțile comune ale ambelor direcții de cercetare, au fost realizate și reliefate în mai multe ocazii și au prilejuit colaborări efective între cercetătorii atașați lor. În felul acesta și-au făcut apariția numeroase lucrări care au adus contribuții valoroase pentru explicarea mișcărilor recente ale scoarței terestre și geomorfologia majoră a teritoriului românesc, pentru seismicitatea și geodinamica majoră a crustei terestre, pentru corelarea structurilor geologice de suprafață cu structura adîncă ș.a. Pentru multe din aceste lucrări, materialul de bază a fost *Harta structurii geologice adînci a teritoriului României*, întocmită pe date gravimetrice și magnetome-

trice, imprimată la scara 1 : 1 500 000 ⁶². Prima ediție a hărții a fost revizuită și completată numai cu date gravimetrice noi, de un colectiv mai restrins (1968). Noua formă a fost redactată la scara 1 : 1 000 000, dar a rămas nepublicată ⁶³. Totuși, prima ediție a hărții, cu unele completări după cea de-a doua ediție, a fost reprodusă și comentată în două manuale: I. Gavăt și colab., 1972; M. Socolescu și colab., 1975. Conținutul acestei hărți va fi prezentat în subcapitolele următoare, descompus în câteva imagini simplificate la elementele importante care compun structura adîncă a teritoriului României.

Unele contradicții remarcate între rezultatele celor două grupuri de cercetare, s-au dovedit pe parcurs a fi doar aparente; altele așteaptă clarificări, completări sau confirmări din partea seismologiei cu sursă controlată.

3.2. Cîmpul gravității și contribuțiile sale

Mărimi măsurate și rețele gravimetrice. Mărimile cîmpului gravității măsurate pe teritoriul României sînt: intensitatea totală a vectorului total (cu aparate pendulare); gradienti de ordinul II ai potențialului gravității (cu balanțe de torsiune) și gradientul de ordinul I al cîmpului gravității (cu gravimetre statice). Ultima mărime este, numeric, pe departe majoritară față de celelalte (mai multe sute de mii, la câteva mii).

Măsurătorile gravimetrice au fost și continuă să fie executate în stații care compun toate tipurile de rețele, acestea fiind alese în funcție de scopul urmărit de lucrare.

Rețelele gravimetrice naționale de ordinul I, II și III servesc în primul rînd pentru operațiile de asam-

⁶² GAVĂT I., AIRINEI ȘT., BOTEZATU R., SOCOLESCU M., STOENESCU SC., VENCOV I., *Structura geologică adîncă a teritoriului R. P. Române după datele actuale geofizice (gravimetrice și magnetice)*, Acad. Stud. cerc. geofiz., 1, 1, 7—34, București, 1963.

⁶³ GAVĂT I., AIRINEI ȘT., ANDREI J., BOTEZATU R., STOENESCU SC., *Reconsiderări gravimetrice la studiul structurii geologice adînci a teritoriului R. S. România*, Comunicare la cel de al V-lea simpozion de prospecțiuni geofizice și fizica globului în România, 4—6 iulie 1968, București, 1968.

blare a măsurătorilor gravimetrice executate în rețelele subordonate; au, prin urmare, un rol asemănător rețelelor geodezice pentru întocmirea hărților topografice la diferite scări. Dispunem de două rețele gravimetrice naționale de ordinul I: una măsurată cu pendulul (M. Socolescu, 1950; M. Socolescu și colab., 1963); cealaltă realizată cu gravimetrul static (R. Botezatu, 1961)⁶⁴. Rețelele de ordinele II și III se găsesc încă în fază de execuție. Aceste rețele, în măsura în care existau, au servit ca punct de sprijin la redactarea hărților gravimetrice de ansamblu ale țării, la scările: 1:1 500 000 (I. Vencov și R. Botezatu, 1956), 1:500 000 (Șt. Airinei și Sc. Stoenescu, 1962) și 1:1 000 000 (Șt. Airinei și Sc. Stoenescu, 1965). Hărțile citate și unele prelucrări analitice ale lor, au servit ca documentație gravimetrică pentru *Harta structurii geologice adânci a teritoriului României*.

Rețelele regionale de cercetare sînt cele mai importante pentru descifrarea structurii majore de suprafață și structurii adînci, precum și a corelațiilor dintre ele. Aceste rețele au, după caz, cîte un punct de observație la 1—20 km². Ele acoperă regiuni întinse, măsurătorile sînt efectuate în mai mulți ani succesivi și conduc la hărți gravimetrice regionale de mare interes geologic. Ca exemplificare cităm măsurătorile gravimetrice din Oltenia și Muntenia (I. Vencov și colab., 1955); de pe teritoriul Dobrogei și zonelor limitrofe (R. Botezatu și colab., 1955 și 1961; Șt. Airinei, 1966); din regiunea de curbură a Carpaților Orientali (Șt. Airinei, 1961); din Subcarpații Olteniei și Munteniei (R. Botezatu, 1959; Șt. Airinei, 1964) ș.a.

Rețelele de detaliu, de mare detaliu și microrțelele, cu desimi de la cîteva stații, la mii de stații pe kilometru pătrat, sînt specifice lucrărilor propriu-zise de prospecțiune. Sînt cele mai numeroase, acoperă suprafețe relativ mici fiecare, dar, selectiv, pot fi integrate în lucrări gravimetrice de ansamblu.

⁶⁴ Titlurile și cotele bibliografice ale lucrărilor semnalate în paranteze, datorită importanței lor, la conținutul cărora nu ne referim în text, se găsesc în Bibliografia geologică a României, Suplimentele: II (1939), III (1962), IV (1969), V (1975) și VI (în pregătire pentru tipar).

Destinația măsurătorilor gravimetrice. La noi, la fel ca pe plan mondial, trei sînt destinațiile măsurătorilor gravimetrice : geodezică, geofizică și geologică.

— Destinația geodezică reprezintă contribuția gravimetriei la studiul formei Pămîntului, prin măsurarea cu maximum de precizie a deviației verticalei și stabilirea abaterii geoidului față de elipsoidul de revoluție. Contribuția este necesară pentru întocmirea hărților topografice de orice natură, scop și scară. În studiul formei Pămîntului, datele gravimetrice sînt asociate celor de natură astronomică și geodezică. Din acest sector sînt de semnalat lucrările privind reducerile topografice ale deviațiilor de la verticală (M. Socolescu și colab., 1956), harta corecțiilor topografice pentru anomaliile gravimetrice și harta altitudinilor medii pentru teritoriul României (M. Socolescu și colab., 1956) ș.a.

— Destinația geofizică a gravimetriei se referă la contribuția ei pentru rezolvarea problemelor Geofizicii generale. Contribuția geofizică a gravimetriei are un caracter preponderent fundamental și, indiferent de mărirea determinată, se referă la cunoașterea repartiției și caracteristicilor cîmpului gravitației pe teritoriul național. În funcție de prelucrarea mărimilor măsurate (tipul, numărul și modul de aplicare a reducerilor geofizice) și de aducerea lor în stare de comparabilitate (fie ca valori absolute, fie ca valori relative), se obțin categorii specifice de hărți gravimetrice care, prin conținutul lor fizic, reflectă anomalii ale cîmpului gravitației, cu semnificații diferite. În fond, aceste hărți cu anomalii specifice ale cîmpului gravitației, constituie instrumente de lucru obișnuite pentru rezolvări de probleme geofizice, geodezice și geologice..

Contribuția colectivului condus de prof. M. Socolescu este, în acest sector, deosebit de importantă. Folosind rețeaua gravimetrică de ordinul I, compusă din 50 de stații de pendul, completată după caz cu stații de gravimetru din rețele regionale, au fost calculate și redactate următoarele clișee geofizice : hărți cu imagini ale corecțiilor izostatice pentru teritoriul României, însoțite de hărți cu anomalii izostatice (1954) ; harta anomaliilor izostatice și în aer liber pentru Oltenia și Mun-

tenia (1956); harta anomaliilor reziduale (1958) și harta suprafeții Mohorovičić pentru Carpații Orientali și Depresiunea Transilvaniei (1963).

Recalcularea rețelei de pendul din România (M. Solescu și D. Bișir, 1956), dă prilej autorilor să întocmească un set de hărți compus din imaginea anomaliei Bouguer, imaginea în aer liber și imaginea anomaliei izostatice. Din analiza corelativă a desfășurării anomaliilor cîmpului gravității din aceste trei imagini, sînt deduse și descrise deformațiile principale ale scoarței terestre, dirijate în principal pe direcții generale vest-est. Acest tablou sugerează ideea că în timpuri mai recente, scoarța de pe teritoriul României a suferit un stress important pe direcția nord-sud care a ridicat mase subcrustale în dreptul Carpaților Meridionali și a produs o depresiune premontană principală la sud și o cutare cu ridicare generală și largă la nord. Cutarea din nord a produs și o inflexiune în zona de curbură a Carpaților Orientali, oprită în fața maselor dense ridicate ale Carpaților Meridionali, care au jucat rolul unui contrafort. La nord de linia Arad-Huși, stressul nord-sud a produs cedări în scoarță și a format cutări care au prins între ele relictul cutărilor anterioare. Aceste relice apar sub forma unor contraforturi dirijate aproape perpendicular unele față de altele. Deformarea scoarței la est de linia Cîmpulung Moldovenesc — Brașov a creat o fosă majoră în care a evoluat geosinclinalul carpatic. În zona de curbură, încovoierea scoarței continuă, racordîndu-se cu fosa Carpaților Orientali și formînd în felul acesta un aliniament unitar al îngroșării scoarței terestre. Despărțirea fosei Carpaților Meridionali de aceea a Carpaților Orientali ar corespunde momentului supracutării fosei majore din sud, însoțită de o accentuare a ridicării maselor subcrustale din nord, care taie legătura dintre ele în partea de nord a Munților Vrancei. Dublul nod de întretăiere a îngroșărilor scoarței și a ridicării maselor subcrustale coincide cu zona seismică din Vrancea.

Concluziile deduse din analiza setului de imagini gravimetrice menționate se reflectă, în bună parte, în con-

figurația reliefului suprafeții Mohorovičić din România (fig. 34), dedusă de asemenea din date gravimetrice ⁶⁵.

Morfologia discontinuității Mohorovičić este complexă și relevă, pentru grosimea scoarței, variații între 29 și 41 km. Scoarța are grosimi mai mici în regiunea din fața Carpaților (între 31 și 34 km), în Depresiunea Transilvaniei unde se ridică spre suprafață, sub forma unei cupole, pînă la mai puțin de 29 km și în Cîmpia de Vest a țării (unde are grosimi între 31 și 33 km). Grosimile mai mari sînt atinse în lungul Carpaților (cu valori ce ating 39 și 41 km) și în Munții Apuseni (ceva mai mult de 39 km). În comparație cu alte regiuni continentale, discontinuitatea Mohorovičić din Carpații Orientali și Depresiunea Transilvaniei este mai ridicată. În consecință, scoarța și mai ales stratul ei granitic sînt mai reduse. Întreaga suprafață a discontinuității Moho este caracterizată prin deformări sinusoidale ale izobatelor, respectiv ale izoliniilor gravimetrice situate în lungul paralelelor geografice, deformări care pot fi interpretate ca rezultat al unui sistem de structuri „în armonică” a scoarței terestre. Anizostasia din Depresiunea Transilvaniei se datorează probabil activității unor curenți subcrustali. Aici, discontinuitatea Moho se ridică sub forma unei cupole cvasieliptică cu axa mare orientată aproape N-S, în timp ce sub Carpații Orientali apare ca o inflexiune care ar putea corespunde unei fracturi complexe a litosferei. Interpretarea imaginii discontinuității Moho, în contextul datelor geologice cunoscute, a condus pe autori la unele modele privind mecanismul probabil al deformărilor, la precizarea unor fracturi majore în scoarța terestră (cele mai importante sînt figurate în hartă) și la unele explicații referitoare la activitatea magmatică, precum și la repartiția zonalizată a unor zăcămintе de substanțe minerale utile.

Lucrările gravimetrice citate la această categorie au condus pe prof. M. Socolescu și prof. R. Ciocârdel, în colaborare sau nu cu alți cercetători, la întocmirea a trei grupuri de sinteze cu rezultate deosebit de importante. Un prim grup de lucrări se referă la descifrarea

⁶⁵ SOCOLESCU M., POPOVICI D., VISARION M., ROȘCA V., *Structure of the Earth's crust in Romania as based on the gravimetric data*, Rev. roum. géol., géophys., géogr., Série de Géophysique, 8, 3—11, Bucarest, 1964.

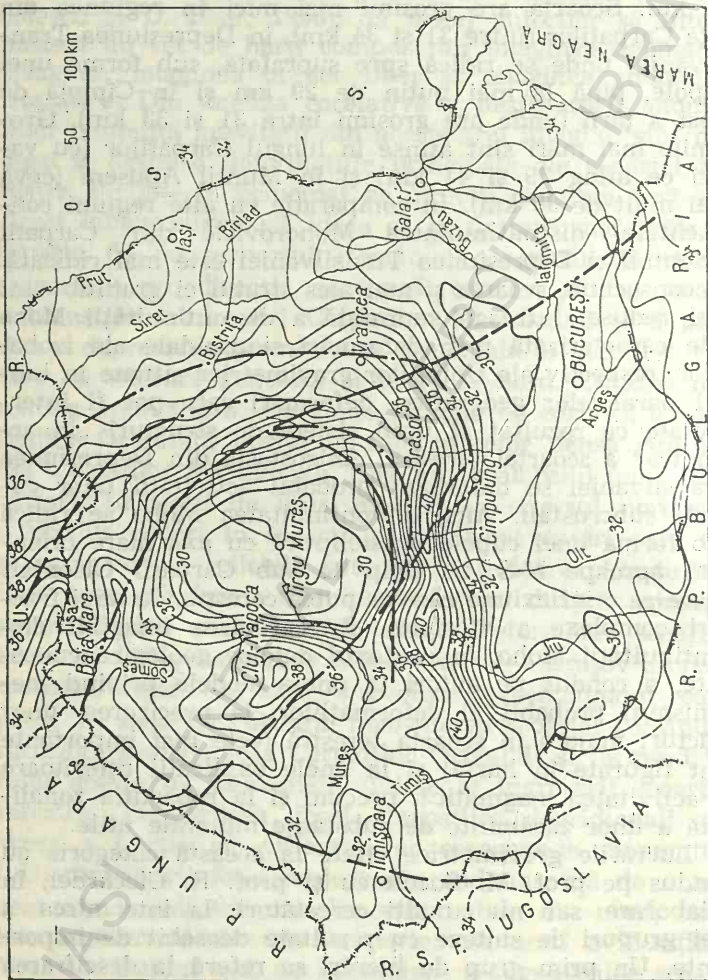


Fig. 34 Harta reliefului suprafeței Mohorovičić în România (după M. Socolescu și colab., 1964).

activității geodinamice adânci din zonele de interferență ale scoarței și astenosferei; al doilea, la mișcările verticale recente ale scoarței terestre din România și al treilea la seismicitatea teritoriului României. Rezultatele acestor lucrări au fost prezentate și comentate în volumul *Fizica și structura scoarței terestre din România* (M. Socolescu și colab., 1975).

Destinația geologică a gravimetriei este complexă, atât prin caracterul fundamental al cunoașterii geologice, cât și prin aspectul ei aplicativ.

Hărțile gravimetrice la scară națională și cele la scară regională au contribuit cu numeroase informații la cunoașterea geologică adâncă a teritoriului național. Vom prezenta trei exemple care ni se par edificatoare din acest punct de vedere.

Primul exemplu, reprodus în figura 35, reprezintă harta anomaliilor de maximă regionalitate de pe teritoriul României. Este o imagine obținută prin separări de efecte succesiv mai mari ca ordin de regionalitate, din harta gravimetrică a țării (anomalia Bouguer), la scara 1 : 500 000.

Harta gravimetrică a României (anomalia Bouguer), indiferent de scara la care este întocmită, lasă să se vadă cu claritate că fundamentul dens se afundă progresiv de la exteriorul spre interiorul teritoriului țării, oferind o imagine nouă și sugestivă a structurii de ansamblu a scoarței terestre⁶⁶. Este ceea ce exprimă, într-o altă formă, morfologia de ansamblu a discontinuității Moho. Ansamblul anomaliilor gravimetrice, de la cele foarte locale la cele foarte regionale, ne dau măsura gradului ridicat de tectonizare a scoarței terestre, precum și măsura distribuției maselor de roci grele și ușoare pe întreaga ei grosime.

Așa cum rezultă din figura 35, pe teritoriul României se fac prezente, doar parțial, patru anomalii gravimetrice de maxim cu gradul cel mai mare de regionalitate, separate de o vastă anomalie de minim. Trei din anomaliile de maxim se găsesc la exteriorul arcului

⁶⁶ AIRINEI ȘT., STOENESCU SC., *Redactarea și imprimarea hărții gravimetrice a R. P. România (anomalia Bouguer), scara 1 : 1 000 000*, Stud. tehn. econom., Seria D (Prospecțiuni geofizice), V, 47—50, București, 1966.

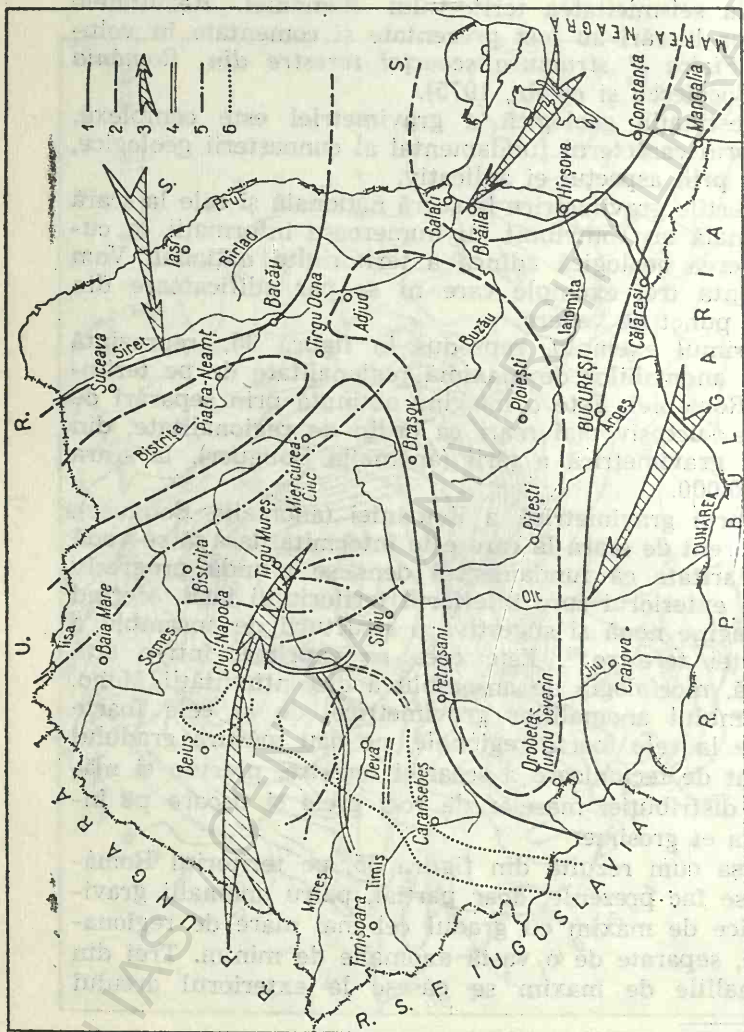


Fig. 35 Conturul anomaliilor gravimetrice de mare regionalitate: de maxim (1) și de minim (2) de pe teritoriul României, precum și direcțiile integrate de mișcare a maselor geologice grele ale crustei (3); linii de maxim magnetic legate de erupții mezozoice (4), idem, erupții neogene (5); idem, erupții banatitice (6).

carpatic : una, în partea de sud a Olteniei și Munteniei, deschisă pe Dunăre spre R. P. Bulgaria ; a doua, pe aria Dobrogei centrale și de nord, deschisă către Marea Neagră și sudul R. S. S. Moldovenească (U.R.S.S.) ; a treia, în partea de nord-est a Moldovei, de asemenea deschisă spre nord și est, în aceeași direcție cu precedentă. Cea de a patra anomalie de maxim ocupă întregul spațiu din interiorul arcului carpatic și rămîne larg deschisă spre vest. Are o morfologie complexă (ceea ce nu se vede pe hartă), datorită corpului geologic greu care o produce și care, el însuși, este format, se pare, dintr-o succesiune de mase, poate de vîrste și origini diferite, care se ridică de la est spre vest în trei trepte succesive.

Anomaliile gravimetrice regionale de maxim corespund la roci grele care ocupă volume mari în litosferă. Este posibil ca ele să însumeze și efecte subcrustale cauzate de mase geologice grele din mantaua superioară, ridicate spre suprafață, fapt atestat de însăși subțierea scoarței terestre. Mai mult, anomaliile gravimetrice regionale de maxim din fața Carpaților corespund parțial la cratoni precambrieni (resturi din catene de munți vechi erodați pînă la rădăcină, rigide și încorporate la scuturile sau platformele învecinate existente) care constituie fundamentul cristalin al acestor regiuni (a se vedea și fig. 36), și care, în prezent, se găsesc imobilizați sub eșafodajul morfostructurilor mai tinere produse de îndelungată activitate geologică ulterioară. În termenii tectonicii plăcilor, anomaliile gravimetrice regionale de maxim ar putea reprezenta imagini ale unor părți de plăci sau microplăci ale litosferei care au fost manevrate de geodinamica derulată în această zonă a planetei.

Între anomaliile gravimetrice regionale de maxim se află o foarte întinsă anomalie gravimetrică de minim. Este compusă din doi termeni separați în dreptul paralelei geografice a orașului Tîrgu Ocna : unul situat în fața Carpaților Meridionali și în regiunea de curbură a Carpaților Orientali, iar celălalt, în lungul ariei depozitelor de fliș și de molasă a Carpaților Orientali. Anomalia gravimetrică regională de minim radiază două apofize spre exterior, separînd cele trei anomalii gravimetrice regionale de maxim din fața Carpaților : una

spre SE, pe direcția localităților Buzău—Mangalia, cealaltă spre est, pe direcția Adjud.

În timp ce anomaliile de maxim corespund unei scoarțe terestre mai subțiri (28—35 km), anomalia de minim este plasată pe teritoriul cu scoarță mult mai groasă (35—55 km). Suprapus anomaliilor regionale descrise se cunosc mai multe sute de anomalii locale cu grade de regionalitate succesiv mai mici, ca efecte ale cîmpurilor de fracturi de diferite ordine ale raporturilor structurale dintre sedimentar și fundamentul cristalin, ale structurilor din sedimentar sau din fundament, precum și ale corpurilor geologice încorporate lor (volum de vulcanite, zăcămintele de substanțe minerale utile ș.a.).

Cel de-al doilea exemplu, reprodus în figura 36, se referă la cîmpurile de fracturi crustale care intersectează teritoriul României, notate simbolic de la G_1 la G_{15} . Cîmpurile de fracturi crustale care decupează scoarța terestră pe întreaga ei grosime, sînt elemente structurale foarte vechi și reprezintă aliniamentele zonelor de mare mobilitate ale crustei, atît în timpul evenimentelor geologice majore pe care le-au inițiat sau care le-au produs, cît și ulterior, remobilizate de alte evenimente geologice evaluate în regiune. Unele păstrează acest caracter, evident, mult atenuat.

O bună parte din cîmpurile de fracturi crustale au extinderi continentale și, ceea ce reține atenția, toate poartă mesaje ale unor îndelungate istorii geologice. Unul dintre aceste mesaje ni-l oferă chiar harta; poziția compartimentelor de crustă în lungul cîmpului de fracturi care le separă (marcată de semnul plus pentru cel ridicat și cu semnul minus pentru cel coborît), poate fi diferită de la un segment la altul. Cazul aliniamentelor G_7 , G_2 ș.a., ceea ce arată că remobilizarea unui cîmp de fracturi crustale poate avea loc și pe o porțiune din întregul ei, în funcție de eforturile geodinamice locale în care se află antrenată.

Din totalul aliniamentelor, cinci au orientări SE—NV (G_1 , G_2 , G_4 , G_{13} și G_{15}), cinci se înscriu pe direcția V—E (G_{11} , G_7 , G_3 , G_5 și G_{14}), trei prezintă orientări de la SV—NE pînă la N—S (G_{12} și G_8 — G_6) și două sînt în formă de arc de cerc (G_9 și G_{10}). Cîmpurile de fracturi crustale de pe aria Carpaților și din interiorul arcului

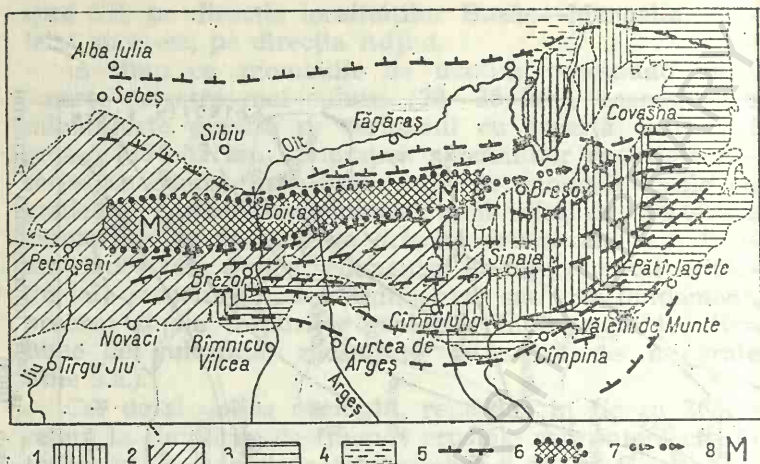


Fig. 37. Schița structurii și extinderii fundamentului Domeniului Getic, după date gravimetrice și magnetice (după Șt. Airinei, 1971):

1, zona flișului cretacic; 2, cristalinelul Carpaților Meridionali; 3, zona flișului paleogen; 4, zona eruptivului neogen; 5, aliniamente de fracturi regionale; 6, ridicarea majoră, în formă de cupolă alungită a fundamentului Domeniului Getic; 7, direcția de afundare longitudinală a fundamentului Domeniului Getic; 8, anomalii magnetice de maxim, efect al maselor de roci eruptive din substratul arilor în care sînt prezente.

pe care îl formează au jucat un rol covârșitor începînd cu instalarea geosinclinalului carpatic pe teritoriul României și pînă în stadiul actual al așezării lanțului muntos carpatic.

Rețeaua cîmpurilor de fracturi crustale reprezintă osatura pe care se dezvoltă din zonele adînci ale litosferei spre suprafață, ca ramurile unui copac, restul de fracturi din scoarță, de la cele cu extinderi regionale, pînă la cele de cuvertură și de suprafață. Asupra importanței și semnificațiilor cîmpurilor de fracturi crustale și a familiilor de falii subordonate lor, vom avea prilejul să revenim.

Cel de-al treilea exemplu, ilustrat în figura 37, prezintă un rezultat gravimetric spectaculos, pus în evidență după mulți ani de lucru pe teren, pe aria segmentului carpatic cuprins între văile Trotușului la NE și Sebeșului la SV. Fondul regional al anomaliei gravimetrice

Bouguer este dominat de una dintre cele mai intense maxime gravimetrice cunoscute pe teritoriul României ⁶⁷. Acest maxim este orientat V—E; are o axă de simetrie de peste 200 km lungime, situată între localitățile Oașa Mică și Covasna; este de formă cvasieliptică și acoperă partea centrală a masivului muntos Sebeș—Lotru, flancul nordic al Munților Făgăraș și zona internă a curburii Carpaților Orientali. Intensitatea anomaliiei depășește +40 mgal, iar morfologia flancurilor ei de nord și de sud evidențiază un sistem de cordoane de gradient orizontal major, paralele în jumătatea vestică și cu tendința de convergență în jumătatea estică. Acestor cordoane de gradient li s-au acordat semnificații de fracturi crustale de ordinul II (regionale) și ocupă spațiul dintre cîmpurile de fracturi crustale de ordinul I, G₇ din nord și G₁₄ din sud (vezi fig. 36).

Deoarece cauza geologică perturbantă a anomaliiei gravimetrice de maxim nu poate fi corelată cu nici una din structurile geologice de la suprafață sau din imediata ei apropiere, a fost admisă existența în substratul adînc al regiunii, subiacent Pinzei Getice și Autohtonului Danubian, a unui corp geologic greu, care a fost denumit fundamentul Domeniului Getic. Aliniamentele cordoanelor de gradient îi delimitează extinderea spre nord și spre sud și îi definesc zona axială de maximă ridicare pe aliniamentul Petroșani—Boița—Brașov cu tendința de scufundare în direcția Covasna. La vest de valea Oltului și la extremitatea estică a Munților Făgăraș, anomaliile magnetice de maxim cartate reflectă volumele de cristalin afectate de roci eruptive aparținînd foarte probabil la vetre magmatice nu prea adînci în substrat.

Anomalia gravimetrică de maxim a făcut obiectul unor modelări gravimetrice în lungul secțiunii geologice nord-sud, Drăgășani—Mediaș ⁶⁸. Modelele calculate relevă

⁶⁷ AIRINEI ȘT., *La structure profonde de la branche orientale des Carpates Méridionales reflétée par l'anomalie de la gravité et l'anomalie magnétique ΔZ_a* , Acta Geologica Academiae Scientiarum Hungaricae, 15, 343—349, Budapest, 1971.

⁶⁸ AIRINEI ȘT., *Modèles gravimétriques — contributions à l'étude de la croûte terrestre le long de la section Drăgășani—Mediaș (Vallée de l'Olt) dans les Carpates Méridionales centrales*, Rev. roum. géol., géophys., géogr., Série de Géophysique, 14, 1, 15—24, Bucarest, 1970.

perspective științifice largi cu privire la descifrarea relațiilor structurale dintre formațiunile metamorfozate (caracterizate printr-o tectonică complicată de cute, imbricații, încălecări și falii) și structura majoră subiacentă, dominată de prezența unui volum considerabil de roci grele, probabil de proveniență subcrustală și, sau nu, parțial format din roci intermediare (amestec din roci bazice și ultrabazice, din baza păturei bazaltice și din coperișul stratului B al mantalei superioare). Pentru elucidarea acestor probleme geologice complexe, precum și pentru lămurirea altor numeroase laturi de ordin fizic, cu posibile implicații practice, a fost propus, la timpul convenit, un foraj de tip Moho, posibil de săpat, în condiții optime, în zona localității Boița, pe valea Olutului. Rămîne o problemă majoră de perspectivă pentru geologia românească.

3.3. Cîmpul geomagnetic și contribuțiile sale

Mărimi măsurate și rețele magnetice. Mărimile magnetice măsurabile fie în scop de cercetare fie de prospecțiune, sînt : în valori absolute (D , H , I și T) sau în valori relative ΔZ , ΔH și ΔT), ultimele ca diferențe față de o stație de bază, numită baza rețelei. Mai recent au fost introduse în cercetare, înregistratoare magnetice portabile (de tip Askania și Bobrov), pentru realizarea sondajelor magnetice. Mărimile magnetice absolute măsurate pe teritoriul României sînt : declinația magnetică (D) și componenta orizontală (H), ambele determinate cu teodolite magnetice ; înclinația magnetică (I), cu inductoare terestre ; intensitatea totală a cîmpului geomagnetic (T), cu magnetometre de construcție specială, de observator. Mărimile magnetice relative, măsurate cu magnetometre de cîmp, numite și variometre magnetice, sînt utilizate curent în cercetări și prospecțiuni magnetice.

Măsurătorile magnetice au fost și continuă să fie efectuate în toate tipurile de rețele, alese în funcție de scopul urmărit de cercetător sau prospector. Rețelele magnetice sînt asemănătoare celor gravimetrice. În multe cazuri au fost executate măsurători magnetice în rețele

gravimetrice, realizându-se, în paralel, două tipuri de prospecțiuni, magnetică și gravimetrică.

Merită o mențiune aparte rețelele magnetice naționale de ordinul I și II. Inițiate ca și cele gravimetrice, în timpul Anului Geofizic Internațional, au fost executate cu variometre magnetice ΔZ și ΔH , purtate cu avionul, în stații situate pe aerodromurile din țară sau în zone accesibile aterizării (Tr. Cristescu). Scopul lor este asemănător rețelelor gravimetrice naționale. Până în prezent, rețelele magnetice naționale nu au făcut obiectul unei publicații care să ne îngăduie referințe mai ample.

Rețelele regionale de cercetare magnetică au adus contribuții importante la descifrarea structurii geologice adânci, la zonalizările după caracteristicile petrografice ale fundamentului cristalin, precum și la localizarea și evidențierea maselor de roci intrusive atât în regiunea de platformă cât și în regiunea carpatică.

Până în prezent au fost publicate mai multe hărți magnetice regionale, pentru componenta verticală (ΔZ) și anomalia componentei verticale (ΔZ_a), corespunzător următoarelor teritorii: Dobrogea și regiunile limitrofe din vest și nord-vest (Șt. Airinei, 1955, 1958 și 1966); Depresiunea Transilvaniei (Șt. Airinei, 1957); regiunea de curbură a Carpaților Orientali (Șt. Airinei, 1963); Munții Apuseni și regiunile limitrofe (Șt. Airinei și colab., 1963); Moldova (Șt. Airinei și colab., 1964); Muntenia și Oltenia (Șt. Airinei și colab., 1971).

Destinația măsurătorilor magnetice. Sînt de considerat aceleași trei scopuri, cu nuanțe mai mult sau mai puțin diferite, și anume: topografic, geofizic și geologic.

Destinația topografică se referă la un detaliu specific și necesar întocmirii și folosirii hărților topografice: cunoașterea și menționarea unghiului de declinație magnetică ($\angle D$). Dealtfel, tocmai această mărime a inițiat interesul executării primelor măsurători magnetice pe teritoriul României.

Destinația geofizică are un caracter fundamental, fiind în primul rînd axată pe cunoașterea modului de repartiție a cîmpului geomagnetic pe teritoriul țării, ilustrat fie prin hărți exprimate în mărimi absolute (D , H , Z sau T) fie în corespondentele lor relative (ΔD , ΔH , ΔZ sau ΔT). Un exemplu edificator îl constituie setul de hărți magnetice generale ale României, întocmite

pentru elementele D, H și I de Șt. Procopiu (1935), calculate pe baza a 112 stații absolute și pentru epoca 1 iulie 1934.

Destinația geologică are un caracter complex, fundamental și aplicativ, corelat, în principal, de gradul de regionalitate a anomaliilor magnetice. Anomaliile magnetice, ca produs al efectelor contrastelor de proprietate magnetică ale maselor geologice de la suprafață pînă la geoterma Curie, definesc prin extinderea și intensitatea lor, fie compartimente de fundament cristalin diferențiat petrografic (anomaliile regionale cu grade de regionalitate diferite), fie corpi geologici cu dimensiuni mai mult sau mai puțin restrinse, încorporate în volumele extinse regional (anomaliile locale de diferite ordine).

Anomaliile magnetice regionale dau indicații referitoare la structura geologică regională (definesc limite geologice între compartimente constituite din roci cu proprietăți magnetice diferite; precizează forma și direcțiile de extindere a acestor compartimente; definesc aliniamente de fracturi crustale prin intermediul anomaliilor magnetice locale produse de mase eruptive intrusive sau efuzive ș.a.). Anomaliile magnetice locale reprezintă un mijloc eficient de localizare și delimitare a corpurilor geologice intens magnetizate, ca : volume de roci eruptive, acumulări de substanțe minerale paraș și feromagnetice, structuri sau mase minerale în roci sedimentare etc.

O contribuție importantă din punct de vedere geofizic și geologic a fost adusă de ridicarea aeromagnetice a teritoriului României (Tr. Cristescu și colab.). A fost înregistrată variația intensității totale a cîmpului geomagnetic (ΔT), la diferite altitudini de zbor. Or, înregistrările geofizice la diferite altitudini de zbor au însemnat, în primul rînd, o filtrare a anomaliilor magnetice după gradul lor de extindere; pe măsura creșterii altitudinii de zbor, anomaliile locale sînt atenuate și dispar progresiv (în funcție de extinderea și intensitatea lor) iar ceea ce continuă să rămînă în imaginea magnetică sînt anomaliile regionale cu grade de regionalitate din ce în ce mai mari. Deci, aceste imagini sînt o bază importantă pentru evaluarea ordinului de mărime al adîncimii formelor structurale regionale, precum și pen-

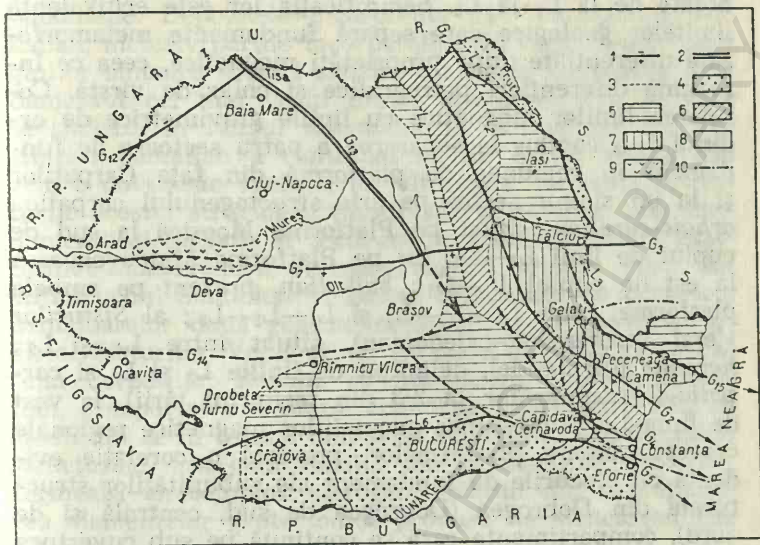


Fig. 38. Zonarea magnetică a teritoriului României și un grup din cîmpurile de fracturi crustale de ordinul I determinate gravimetric (schematizată și completată după I. Gavăt și colab., 1963; Șt. Airinei, 1976):

1, linii structurale corespunzătoare dislocațiilor crustale; 2, linia structurală corespunzătoare aparatelor vulcanice neogene din Munții Vulcanici; 3, limite magnetice între zonele magnetice; 4, zona magnetică a fundamentului arhaic-carelian; 5, zona magnetică a fundamentului baikalian; 6, zona magnetică a fundamentului Șisturilor Verzi (caledonian?); 7, zona magnetică a fundamentului hercinic; 8, zona magnetică a fundamentului carpatic; 9, aria erupțiilor diabazice (mezozoice) din Munții Mureșului; 10, conturul anomaliei gravimetrice regionale de maxim din Dobrogea.

tru determinarea direcției vectorului global de magnetizare a rocilor care le compun.

Spațiul ne îngăduie să prezentăm doar trei exemple pentru fixarea diagnosticărilor magnetice.

În primul exemplu, reprodus în figura 38, se prezintă zonalizarea magnetică a teritoriului României, pe baza anomaliilor magnetice cu cel mai mare grad de regionalitate. În plus, pentru motive care vor fi explicate într-un capitol următor (4.4.), harta mai conține o parte din rețeaua de cîmpuri de fracturi crustale determinate gravimetric (fig. 36) și conturul anomaliei gravimetrice regionale de maxim din Dobrogea (fig. 35).

Anomaliile magnetice cu cel mai mare grad de regionalitate au fost delimitate prin șase limite magnetice,

notate de la L_1 la L_6 . Semnificația lor este echivalența limitelor geologice care separă fundamente metamorfizate diferențiate după proprietăți magnetice, ceea ce înseamnă diferențieri petrografice și chiar de vîrstă. Corelarea liniilor magnetice cu liniile gravimetrice de ordinul I a condus la separarea a patru sectoare de fundament în regiunea de platformă din fața Carpaților și la un singur sector pe aria structogenului carpatic: *arhaic-carelian*, situat pe Platforma Moesică la sud de cuplul de linii L_6 — G_5 , iar pe Platforma Moldovenească la est de cuplul L_1 — G_1 ; *baikalian*, prezent pe ambele platforme, între L_6 — L_5 — L_4 și L_1 — L_2 — L_3 ; al *Șisturilor Verzi* (proterozoic-caledonian), situat între L_4 și L_2 ; *hercinic* (sarmatide), delimitat de liniile L_2 și L_3 și *carpatic* (corespunzător la 2/3 din teritoriul țării), la vest de linia L_5 . Succesiunea anomaliilor magnetice regionale corespunzătoare platformelor, prezintă o corelație evidentă cu blocurile de fundament ale subunităților structurale din Dobrogea (Dobrogea de sud, centrală și de nord), compartimente care se continuă pe sub cuvertura sedimentară la vest și nord-vest de Dunăre, pînă în fundamentul carpatic, respectiv pînă la linia de contact cu fundamentul carpatic (L_5).

Tabloul sectoarelor de fundament metamorfozat din fața Carpaților, oferă, indirect, imaginea generală a evoluției tectonice a ținutului. Încadrat în regiunea de platformă care se extinde considerabil spre est, ținutul platformic al teritoriului României comprimă, pe o arie relativ restrînsă, o istorie geologică foarte îndelungată și extrem de bogată în evenimente. Între soclul Platformei Moldovenești din nord-est și soclul Platformei Moesice din sud, au evoluat succesiv, în timp, procesele geologice a trei geosinclinale; pe zonele magnetice cuprinse între limitele magnetice L_1 și L_6 , s-au înșiruit succesiv, în timp, cel puțin trei șiruri de catene muntoase, poate mai falnice ca aceea a Carpaților actuali. Exceptînd ultima catenă, din care mai împung cerul cioturile ascuțite ale Munților Măcinului, celelalte au fost erodate, cratonizate și încorporate pe rînd la platformă iar rădăcinile lor nevăzute zac dedesuptul cuverturii sedimentare, sub propriile lor sfărîmături. Din cele ce știm pînă în prezent, între cele două socluri s-a instalat primul geosinclinal care ar corespunde perioadei geotectonice

baikaliene. Depozitele încorporate de structogenul baikalian, inclusiv părțile încorporate prin regenerarea marginilor ambelor socluri arhaice-careliene, constituie fundamentul cel mai vechi dintre aceste socluri, la care se sudează în lungul sistemelor L_1-G_1 și L_6-G_5 . Teritoriul baikalian a continuat să fie foarte mobil, așa cum o dovedește evoluția lui ulterioară. În prezent, resturile acestui structogen încadrează la exterior aria fundamentului carpatic și bordează prin sudură soclul Platformei Moldovenești pe marginea lui vestică. Părți din structogenul baikalian se găsesc regenerate de procesele următoarelor două geosinclinale care s-au dezvoltat pe el, al Șisturilor Verzi și cel hercinic, precum și de catena Carpaților. Rezultă că fundamentul vechi, baikalian, a suportat o evoluție activă de la SV spre NE, cu stadii din ce în ce mai noi, și că structura sa și direcțiile structurale, așa cum rezultă din informațiile geofizice, formează un complex eterogen, alcătuit din suprapunerea elementelor geotectonice produse de structogenurile ulterioare.

Se știe că în stadiile evolutive ale unui geosinclinal au loc activități tectonomagmatice intense, desfășurate în trei faze succesive, sub formă de magmatite: *inițiale* (curgeri submarine bazice, diabazice), *sinorogene* (preponderent caracter intrusiv; gamă de roci bazice, intermediare și acide) și *subsecvente* (preponderent caracter efuziv, gamă largă de roci de la acide la bazice). În general, rocile eruptive au proprietăți magnetice mai mari decât rocile gazdă, constituindu-se cu frecvență surse de anomalii magnetice locale, cu grade de regionalitate foarte diferite, în funcție de mărimea volumelor de roci intrusive sau efuzive pe care le reflectă. Asemenea anomalii au fost cartate pe aria celor cinci anomalii magnetice regionale discutate. În majoritatea cazurilor ele se înșiruiesc pe alinamente de zeci sau sute de kilometri lungime, jalonând linii structurale de magmatism intrusiv sau efuziv care, după vîrsta erupțiilor, pot fi: paleozoice și mai vechi, legate în special de fundamentul platformelor; mezozoice, diabazele din Munții Apuseni; banatitice și neogene, din regiunea de cutare alpino-carpatică.

Harta structurii geologice adînci a României conține patru categorii de asemenea linii structurale, cu semni-

ficații de fracturi crustale cu următoarele categorii de erupțiuni : paleozoice și mai vechi, mezozoice, banatitice și neogene.

Pentru exemplificare, redăm în figura 39, aliniamentele fracturilor crustale cu erupții de pe teritoriul Munteniei și Olteniei⁶⁹. Aliniamentele marcate pe figură sînt trasate după un set de patru hărți magnetice secundare, cu anomalii regionale separate cu grad de regionalitate mereu mai mare (similare unui set din trei hărți magnetice redactate după aeroinregistrări la altitudini din ce în ce mai mari). Prima hartă conține anomalii locale ($mL_{2,5}$), următoarele trei, anomaliile regionale $mR_{2,5}$, mR_5 și mR_{10} . Indicii inițialelor L și R reprezintă lungimea laturilor rețelelor de separare (2,5 ; 5 și 10 km) a anomaliilor locale și regionale din harta anomaliilor magnetice ΔZ_a .

Axele de simetrie ale anomaliilor magnetice $mL_{2,5}$, $mR_{2,5}$, mR_5 și mR_{10} schematizează tabloul repartitiei surselor perturbante după gradul lor de regionalitate și într-o manieră cu totul calitativă, după adîncimea pînă unde se găsesc. În felul acesta, aliniamentele trasate vădesc, în succesiunea acestor patru imagini cu anomalii, mărimea și gradul de persistență pe verticală a cauzelor perturbante care le produc. Sursele perturbante aparțin la mase de roci eruptive încorporate în fundament în cicluri tectonomagmatice diferite. Aliniamentul Tîndărei—Buzău—Pitești—Tîrgu Jiu corespunde la volume de roci intrusive în fundamentul baikalian ; aliniamentele din zona Balș—Craiova, cu erupții de vîrstă paleozoică (parțial întîlnite de forajele din regiune) sînt intruse pe dislocații deschise de mișcările verticale ale blocurilor de fundament ; aliniamentul de pe aria Munților Făgăraș corespunde, cel puțin parțial, la erupții postliasicice (așa cum sînt ele datate în sistemele filoniene ajunse la zi). Despre existența acestor mase de roci eruptive care au străpuns scoarța terestră și au ajuns la niveluri diferite de adîncime pînă în fundament, nu se știa nimic și nici nu se putea ști fără ajutorul magnetometriei.

⁶⁹ AIRINEI ȘT., STOENESCU SC., VELCESCU GEORGETA, *Harta magnetică a Munteniei și Olteniei*, Stud. cerc. geol., geofiz., geogr., Geofizica, 9, 1, 27—38, București, 1971.

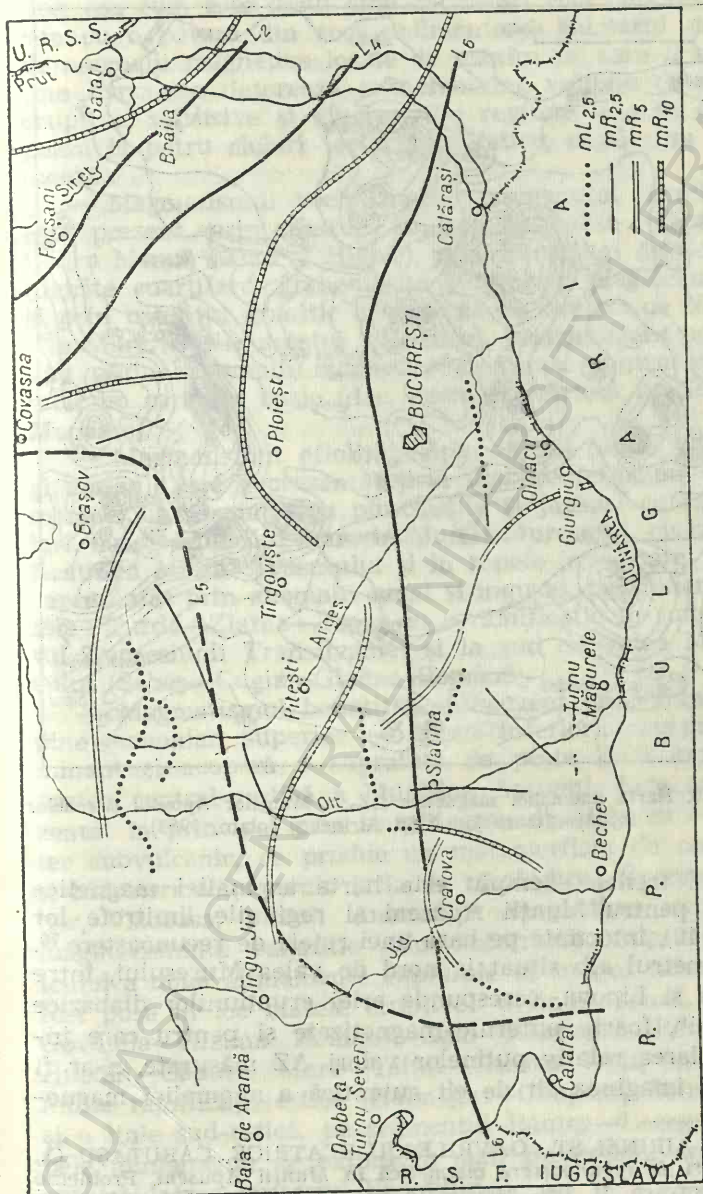


Fig. 39. Limitele magnetice ale sectoarelor de fundament din Muntenia şi Oltenia (L_1 , L_2 şi L_3) şi aliniamentele axelor mari ale anomalilor magnetice regionale ($mR_{2.5}$, mR_5 şi mR_{10}) şi locale ($mL_{2.5}$) pentru acelaşi teritoriu (după Şt. Airinei şi colab., 1971).

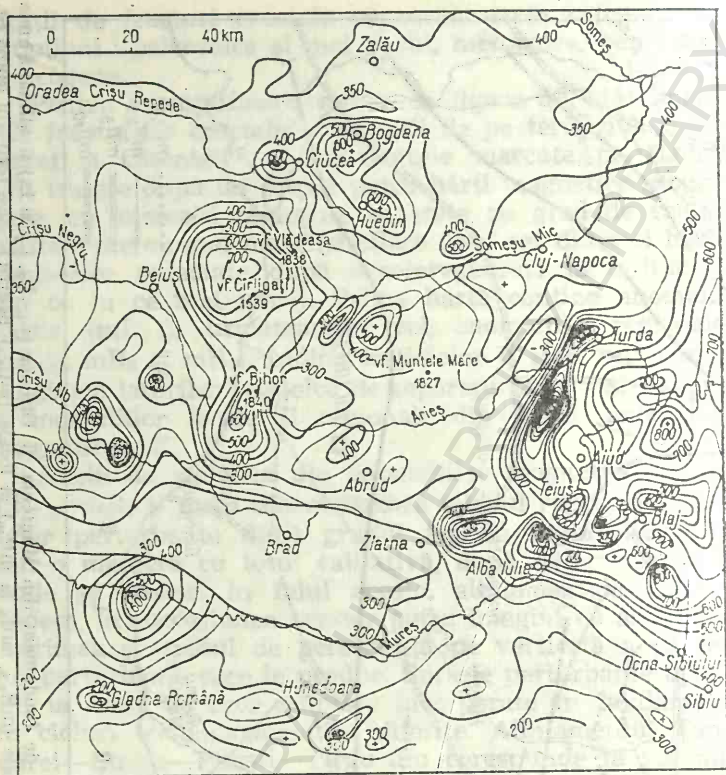


Fig. 40. Harta anomaliei magnetice ΔZ_a a Munților Apuseni și zonelor înconjurătoare (după Șt. Airinei și colab., 1963).

Al treilea exemplu este harta anomaliei magnetice ΔZ_a pentru Munții Apuseni și regiunile limitrofe lor (fig. 40), întocmită pe baza unei rețele de recunoaștere⁷⁰. Perimetrul alb situat la nord de valea Mureșului, între Deva și Lipova, corespunde ariei erupțiunilor diabazice „la zi”, foarte puternic magnetizate și pentru care interpolarea relativ puținelor valori ΔZ măsurate, n-ar fi redat imaginea cît de cît autentică a anomaliei magne-

⁷⁰ AIRINEI ȘT., GAVRILESCU BEATRICE, CARUȚAȘU O., *Lucrări de recunoaștere magnetică în Munții Apuseni*, Probleme de Geofizică, II, 199—244, Ed. Acad. R.P.R., București, 1963.

tice, așa cum este cazul cînd asemenea roci sînt acoperite cu o pătură din roci sedimentare. Numărul mare de anomalii magnetice locale de maxim pe care îl conține harta, se datorează numeroaselor volume de roci eruptive, intrusive și efuzive, din regiune. Ele se grupează la patru cicluri tectonomagmatice, după cum urmează:

— Magmatismul vechi asociat orogenului hercinic, este prezent prin masive de ortoamfibolite (Biharia, Codru Moma, Gilău și Highiș), prin intruziuni de Codru (diorite cuarțifere, granodiorite și granite plagioclazice) și prin batolitul granitic cu aureolă de contact de Muntele Mare. Rocile acestui vulcanism, preponderent acide, dau puține anomalii magnetice și numai pentru volumele cu caracter bazic (d.e., anomalia cartată la NE de Moneasa).

— Magmatismul ofiolitic, alpin inițial (între jurasic și aptian), este reprezentat prin diabaze (efuziuni submarine), în asociație cu piroclastite și japsuri cu radiolari, au o răspîndire mare în Munții Mureșului, cu ramificații în Munții Trascăului și în zonele învecinate. Este reprezentat prin anomalii lungi și înguste, pe aliniamentele: Turda—Zlatna—Troaș cu o ramificație în sud-vestul Depresiunii Transilvaniei și la sud de valea Mureșului (Sebeș—Cugir—Gladna Română).

— Magmatismul banatitic, subsecvent orogenezei alpine (senonian superior — eocen inferior), este predominant și acoperă o suprafață de peste 2600 km² în partea central-vestică a Munților Apuseni. Este reprezentat în principal prin erupții granodioritice cu caracter subvulcanic, ce produc un metamorfism de contact și hidrotermal puternic (aria de răspîndire: Drocea, Bihor, Vlădeasa, Gilău). Anomaliile magnetice atribuite magmatismului banatitic aduc informații asupra existenței a două aliniamente rupturale în lungul cărora au fost puse în loc masele eruptive: o linie vestică, între Govăjdia—Gladna Română—Zam—Hălmagiu—Remeți—Huedin—Căpușu Mare—Tăiuți—Cacova Ierii, cu mai multe ramificații estice (Hălmagiu—Cimpeni, Beliș ș.a.) și o linie sud-estică, pe segmentul Băuțar—Hațeg. Ambele aliniamente se extind în sud, traversînd, aproape paralel, întreg teritoriul Banatului.

— Magmatismul neogen este cantonat în partea de SE a Munților Apuseni ; se află pus în loc în lungul mai multor linii rupturale locale și este reprezentat prin riolite, andezite, dacite și bazalte. Este reflectat prin grupul de anomalii Gurahonț—Moneasa—Chișindia.

Aliniamentele erupțiunilor mezozoice, banatitice și neogene din Munții Apuseni sînt reproduse după *Harta structurii geologice adînci a teritoriului României*, în figura 35 ; ele corespund axelor de simetrie a anomaliilor magnetice descrise.

3.4. Cîmpul geoelectromagnetic și tentative de cunoaștere întreprinse pe seama lui

Disproporția dintre volumul măsurărilor electrice executate în scop de prospecțiune, aplicate în toate domeniile geologiei, și cele efectuate pentru cunoașterea cîmpului geoelectric însuși, rămîne, încă, destul de mare la noi, dealtfel ca și în alte părți ale lumii. De aici, și cunoștințele noastre foarte reduse cu privire la acest mare fenomen fizic al Pămîntului.

O cale indirectă de cunoaștere este oferită de studiul cîmpului geomagnetic, în special prin partea variabilă a lui. Dealtfel, una din ipotezele cu privire la originea internă a părții principale a cîmpului geomagnetic, schițată la o formă suprasimplificată, admite a fi tocmai cîmpul magnetic produs de curenții electrici (sau termoelectrici) care se produc și circulă în nucleul exterior. În prezent, explicația mecanismului de producere a părții principale, de origine internă, a cîmpului geomagnetic, se adîncește pe căile deschise de *conceptul magnetohidrodinamic*, în cadrul căruia generarea acestei părți a cîmpului geomagnetic este atribuită deplasării unor medii fluide cu conductivitate electrică într-un cîmp magnetic existent.

Să ne reamintim că partea variabilă a cîmpului geomagnetic se referă la cîmpul variațiilor geomagnetice calme și la cîmpul perturbațiilor geomagnetice. Pentru o mai bună înțelegere a celor ce urmează, sînt necesare cîteva explicații privind originea fizică a cîmpului magnetic variabil, pentru cele două părți componente ale sale.

La producerea cîmpului variațiilor geomagnetice calme, un rol de prim ordin îl joacă *ionosfera*, acel strat înalt al atmosferei (situat între 100 și 400 km), compus din gaze cu bună conductibilitate electrică, ionizate de radiațiile solare electromagnetice (raze X și ultraviolete) emise de Soare și care, mișcat fără încetare de acțiunea de maree (atrakție Soare-Lună) în cîmpul magnetic permanent al Pămîntului, determină, datorită forței electromotrice produse, apariția unui sistem de curenți electrici ionosferici, variabili în timp și care, la rîndul lor, induc în scoarța terestră, mereu, o parte din curenții telurici. Curenții telurici formează la rîndul lor un cîmp magnetic variabil. Variațiile geomagnetice calme (v. fig. 9 și tabelul 4), provin, prin urmare, din suprapunerea cîmpului magnetic al sistemului de curenți electrici ionosferici, cu acela format de curenții telurici.

Cîmpul perturbațiilor geomagnetice este produs de fluxul de radiații corpusculare emis de Soare (plasmă formată din particule încărcate electric: atomi, protoni, electroni), cunoscut și sub denumirea de *vînt solar*. Spre deosebire de cîmpul variației geomagnetice calme care se înregistrează într-un punct atîta timp cît este luminat de Soare, cîmpul perturbațiilor geomagnetice poate apărea în cursul zilei sau nopții și simultan pe întreg globul. Interacțiunea dintre cîmpul geomagnetic principal al Pămîntului și vîntul solar este de tip magneto-hidrodinamic (oscilațiile plasmei capătă o rigiditate transversală față de liniile de cîmp ale cîmpului geomagnetic care le deviază și captează) și conduce, în primul rînd, la formarea *magnetosferei*, acel spațiu vast extraionosferic, asimetric și prelungit în partea opusă a planetei. Majoritatea particulelor vîntului solar deviate de cîmpul geomagnetic sînt capturate și reținute în așa-numitele centuri de radiații Van Allen, distribuite în planul ecuatorial geomagnetic, unde produc un curent electric inelar, la o distanță de mai multe raze terestre, iar deasupra regiunilor polare două spirale care coboară pînă în stratul inferior al ionosferei (răspunzătoare de producerea aurorelor polare). Curentul inelar și spiralele polare produc efecte magnetice, înregistrate la sol sub formă de perturbații magnetice. Restul particulelor vîntului solar, nereținute în centurile Van Allen sau de spi-

rarele polare, pătrund pînă în straturile inferioare ale ionosferei unde provoacă modificări ale conductivității electrice, traduse prin deformări ale sistemului de curenți electrici care produc variațiile calme diurne. Aceste modificări constituie o altă parte a cauzelor perturbațiilor magnetice înregistrate la sol. Inducția în Pămînt a curenților electrici responsabili de producerea perturbațiilor geomagnetice complică tabloul fenomenelor electromagnetice care iau naștere în litosferă; tabloul se complică și cu efectele locale determinate de distribuția eterogenă a conductivității electrice a subsolului.

Acest fenomen complex, electromagnetic, responsabil de partea variabilă a cîmpului geomagnetic, a stat la baza conceperii și utilizării tehnicilor sondajelor geomagnetice și magnetotelurice în scopul determinării distribuției conductivității electrice în interiorul adînc al Pămîntului. Singurul sondaj magnetoteluric executat pe teritoriul României, la Observatorul geofizic Surlari, a fost prezentat și comentat anterior (1.5).

Sondajul geomagnetic (numit și sondarea magnetică) a fost introdus în România din anul 1967. Pînă în 1970 s-au făcut înregistrări în 119 stații, răspîndite uniform pe întreg cuprinsul țării⁷¹. Înregistrările s-au executat cu patru magnetograme: două de tip Askania Gv3 și două de tip Bobrov. În fiecare din cele 119 stații, înregistrările au durat în medie 20 de zile, pentru variațiile declinației, componente orizontale și componente verticale. În prima parte de prelucrare a materialului înregistrat, s-a urmărit stabilirea, pentru fiecare stație, amplitudinea și orientarea *vectorilor de inducție*, pe baza fenomenelor magnetice individuale cu perioada cuprinsă între 5 și 35 minute. Ei corespund, ca reprezentare grafică, relației liniare de legătură între componenta verticală ΔZ a unui fenomen de variație magnetică, pe de o parte, și componentele orizontale ΔH și ΔD ale aceluiași fenomen, pe de altă parte. Pentru fiecare stație au fost selectate de pe magnetograme, un număr de 50—100 fenomene individuale aparținînd categoriei perturbațiilor magnetice. Vectorii de inducție furnizează informații

⁷¹ CALOTĂ F., CĂLTĂN I., IONESCU A., SOARE A., ȘTEFLEA V., *Înregistrări de variații geomagnetice pe teritoriul României (Partea I)*, Stud. cerc. geol., geofiz., geogr., Geofizica, 9, 2, 323—331, București, 1971.

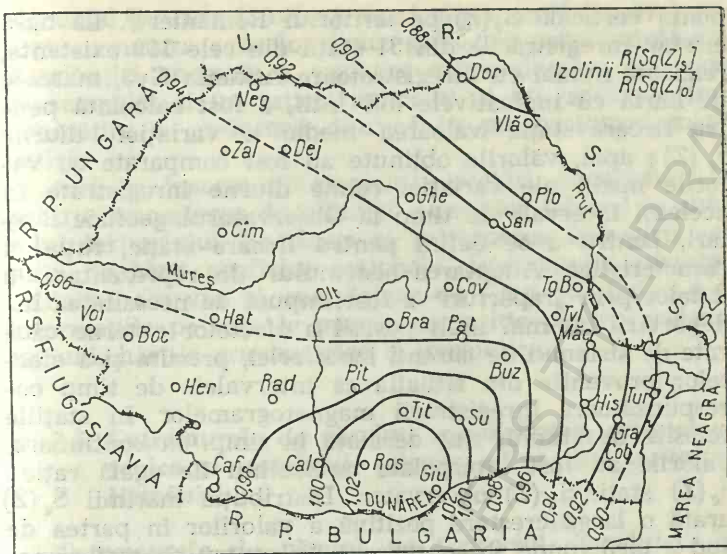


Fig. 41. Harta distribuției variației calme diurne pentru componenta verticală $S_q(Z)$ pe teritoriul României (după L. Constantinescu, V. Șteflea, 1971).

asupra distribuției conductivității electrice a rocilor din substratul zonei stației respective. Pe baza acestor vectori, autorii vor întreprinde prelucrări noi cu scopul sondării magnetice a subsolului atât în termeni fizici, cât și în cei geologici corespunzători conținutului informațional al înregistrărilor realizate. Dealtfel, colectivele conduse de cercetătorii A. Soare și V. Șteflea au prezentat comunicări preliminare pentru unele regiuni sau pentru întreg teritoriul țării, lăsând să se întrevadă rezultate deosebit de interesante pentru structura geologică adîncă din domeniul scoarței și chiar din cel al mantalei superioare.

O altă fructificare a înregistrărilor sondajului geomagnetic, considerată ca un stadiu obligatoriu pentru etapele viitoare de studii a distribuției vectorilor de inducție corespunzători perturbațiilor cu perioade de la 5 la 35 minute, este reprodusă în figura 41, reprezentînd harta distribuției variației calme diurne pentru compo-

nenta verticală $S_q(Z)$ pe teritoriul României⁷². La baza ei stau înregistrările din 31 stații din cele 119 existente, realizate numai cu înregistratoare Askania Gv3, marcate pe hartă cu indicativele lor. Întii, a fost calculată pentru fiecare stație valoarea medie a variației diurne $S_q(Z)$; apoi, valorile obținute au fost comparate cu valorile medii ale variației calme diurne înregistrate în aceleași intervale de timp la Observatorul geofizic Surlari, pentru a se defini pentru fiecare stație, rația ei caracteristică. Adoptarea sistemului de reprezentare a datelor prin „raporturi“ a fost impusă de necesitatea îndepărtării cît mai mult posibil a efectelor externe cauzate de sistemul de curenți ionosferici, precum și a efectelor provenite din situația că intervalele de timp corespunzătoare înregistrării magnetogramelor în stațiile folosite de studiu, sînt decalate în timp. În continuare, valorile au fost interpolate cu izolinii de egală rație: $S_q(Z)$ stație/ $S_q(Z)$ observator. Distribuția mărimii $S_q(Z)$ arată o largă creștere pozitivă a valorilor în partea de sud a țării (unde se conturează un centru anomal rămas deschis spre sud) și descreșteri rapide spre est și nord-est, și din ce în ce mai atenuate spre nord, nord-vest și vest.

Baza teoretică a procedeului de lucru, asociată calculelor de curenți induși în modele ale Pămîntului cu distribuții diferite pentru conductivitatea electrică, conduce la concluzia că analiza variațiilor în timp ale cîmpului geomagnetic permite obținerea de informații cu privire la structura internă a Pămîntului, pentru adîncimi diferite. Variațiile diurne calme solare (S_q) au capacitatea, prin prelucrarea datelor de înregistrare, să ofere asemenea informații, privind distribuția proprietăților electrice ale materialului terestru, pînă la adîncimi de cîteva sute de kilometri în interiorul planetei. Revenind la imaginea din figura 41, autorii apreciază că distribuția anomală a variației calme diurne $S_q(Z)$ reflectă raporturi structurale adînci, situate, probabil, în mantaua superioară (stratul B). În afară de aspectul fun-

⁷² CONSTANTINESCU L., ȘTEFLEA V., *Distribution of the solar quiet daily variation of the geomagnetic field in its vertical component on the Romanian territory*, Rev. roum. géol., géophys., géogr., Série de Géophysique, 15, 2, 217—222, Bucarest, 1971.

damental pe care îl relevă acest clișeu geofizic, în legătură cu natura cauzelor fizico-geologice corespunzătoare distribuției anormale a variației calme diurne, mai este de semnalat și un aspect aplicativ al lui, acela de îmbunătățire a „reducerii diurne” în prospecțiunea magnetică.

Aici se înscriu și amplele cercetări electrometrice pentru cunoașterea distribuției curenților telurici în subsolul teritoriului României și în vederea întregirii setului de hărți geofizice naționale. Deși au un caracter calitativ, ele vin să completeze cu aspecte fizice noi, informațiile pe care le pun la dispoziție pentru aceleași regiuni, hărțile gravimetrice și magnetice.

3.5. Cutremurele de pământ, seismicitatea, seismotectonica și sondajul seismic adânc pe teritoriul României

Cutremurele de pământ pe teritoriul României. În clasificarea după adâncimea focarului, cutremurele de pământ produse pe teritoriul României se împart la două categorii: *cutremure superficiale* sau *normale* (cu focare la adâncimi pînă la 60 km) și *cutremure intermediare* (cu focare la adâncimi cuprinse între 60 și 300 km). După natura cauzelor care le produc, marea majoritate sînt *cutremure tectonice* și cîteva doar au fost suspectate *cutremure de prăbușire* (unele cutremure locale cu focare în regiuni carstice).

Cutremurele normale au o răspîndire mai largă, focarele lor se găsesc în mai multe zone pe teritoriul României; cutremurele intermediare se produc numai în substratul regiunii de la curbura Carpaților Orientali (zona Vrancea).

În cei aproape 100 de ani de activitate seismologică organizată, s-au cumulat, prin înregistrări la stațiile seismice și lucrări științifice, o bogată cunoaștere și experiență în materie. Totuși, a existat un moment care a decis creșterea spontană a interesului pentru cutremurele de pământ, nu numai puținilor specialiști dedicați seismologiei, ci și publicului larg, inclusiv oficialității care îl guverna. Acest moment a fost cutremurul catastrofal din 10 noiembrie 1940, care a zguduit întreg te-

ritoriul țării și nu numai pe el, a produs victime omenești și a cauzat mari pierderi materiale. Cutremurul acesta a dat prilejul prof. I. Atanasiu să întreprindă o anchetă vastă pe întreg teritoriul țării, să adune un foarte bogat material documentar, din care s-a născut, în final, monumentală lucrare *Cutremurele de pământ din România* (1961)⁷³. Preliminar evenimentului citat, se știa că regiunea Vrancea este unul din centrele principale de manifestare a fenomenului seismic din Europa; lucrările publicate înainte de producerea lui și studiile ulterioare, mult mai numeroase, au evidențiat sub multiple aspecte această realitate fizică.

Din studiul prof. I. Atanasiu și din alte lucrări mai recente, reținem ca zone cu focare seismice pe teritoriul României, următoarele:

— Regiunea Vrancea care este pe departe cea mai importantă, etalează la suprafață aria epicentrală cea mai extinsă (de circa 10 000 km²). În substratul ei se găsesc distribuite de la exteriorul spre interiorul arcului carpatic, focarele cutremurelor de pământ normale și intermediare (v. fig. 7). Cutremurele de pământ pe care le declanșează sînt cunoscute în literatura de specialitate sub denumirile de cutremure moldavice sau cutremure carpatice. Sub raportul energiilor cumulate și emise, focarele normale sînt dependente de focarele intermediare. Calculele cu privire la evaluarea energiei cutremurelor intermediare din perioada 1937—1962, arată că valoarea acestora a fost de aproximativ $8,76 \cdot 10^{22}$ ergi, din care circa 90% revine cutremurului din 10 noiembrie 1940. Anul 1940 a avut cea mai intensă activitate seismică din întreaga perioadă, revenindu-i circa 95% din toată energia emisă. În cei 26 de ani ai perioadei, au avut loc 30 de cutremure cu magnitudini $M \geq 5$, care însumează 99% din totalul energiei calculate. Înălăturînd anii 1940 și 1945 cu cea mai intensă activitate din intervalul considerat, s-a dedus că focarele intermediare din Vrancea eliberează anual o energie medie de $6,44 \cdot 10^{19}$ ergi (L. Constantinescu, D. Enescu, 1963). Alte

⁷³ Lucrarea a văzut lumina tiparului la mulți ani după dispariția autorului, datorită stăruinței și sub îngrijirea Dr. Emilia Saulea, profesoară la Universitatea din București și colaboratoarea apropiată a prof. I. Atanasiu.

calculare (C. Radu, 1965) arată că în ultimii 100 de ani, energia seismică eliberată de focarele din Vrancea, este de ordinul 10^{23} ergi.

Strîns asociat cu distribuția focarelor din substratul zonei epicentrale Vrancea, menționăm deocamdată, existența unei puternice mișcări neotectonice ascensionale (R. Ciocârdel, M. Popescu, 1965), precum și îngroșarea mare a păturii sedimentare, în total 18 km, din care 12 km revine depozitelor sarmato-pliocene (I. Gavăt și colab., 1965). De asemenea, gravimetria și magnetometria au permis să se știe că în substratul adînc al zonei Vrancea, există o întretăiere de linii tectonice, unele de orientare V—E, SV—NE și N—S, aparținînd planului structural carpatic și altele SE—NV, din sistemul ruptural crustal al planului structural al Dobrogei (Șt. Airinei, 1966).

— Zona focarelor Cîmpulung, cu așezări în scoarță la adîncimi de cel mult 26 km, generează cutremure de magnitudine relativ mică, a căror intensitate poate atinge local gradul 7 în scara MM (scara Mercali, modificată de Richter, 1956).

— Zona din Banatul meridional se află în conexiune cu sistemul de fracturi situate între domeniul getic și cel danubian (d.e., liniile Orșova—Teregoва și Moldova Nouă—Sașca—Oravița), cu focare situate între 10 și 20 km adîncime, care determină cutremure cu efecte locale în lungul liniilor rupturale citate.

— Zona din Banatul occidental și septentrional, cu focare între 6 și 10 km, este asociată cîmpului de fracturi crustale G_7 ; focarele produc cutremure care pot atinge gradul 7 în scara MM și cu intensități relativ ridicate ($M = 4,5-5$).

— Zona din nord-vestul Crișanei, cu focare ce par asociate cîmpurilor de fracturi crustale G_9 , G_{10} , G_{11} și G_{13} , și care au poziții puțin adînci în scoarța terestră.

— Zona din partea de NV a Maramureșului, cu focare în scoarță, la adîncimi relativ mici, asociate probabil cîmpului de fracturi crustale în lungul căruia a avut loc ridicarea erupțiunilor vulcanice neogene (G_{13}).

— Zona din Dobrogea meridională, cu focare la adîncimi destul de mici (între 5 și 15 km), răspîndite pe o arie relativ restrînsă, asociate sistemului de fracturi lo-

cale și care au provocat uneori seisme deosebit de violente.

În afara acestor zone, I. Atanasiu a trasat un număr important de așa-numite „linii de sensibilitate seismică”. Unele trec prin șiruri de focare din zonele seismice enumerate; altele sînt pe aliniamente situate în Depresiunea Transilvaniei, pe Platforma Moesică și Dobrogea de nord, pe Platforma Moldovenească și mai ales în subcarpații regiunii de curbură (fig. 42).

Seismicitatea teritoriului României. Seismicitatea sau starea de agitație seismică datorată cutremurelor de pămînt a crustei terestre din România, a devenit o preocupare de prim interes pentru seismologie încă din secolul trecut. Este un caz tipic unde cunoașterea fundamentală a fenomenului are implicații directe și imediate în practică. Dacă am menționa doar faptul că nivelul de cunoaștere a seismicității determină căile și mijloacele folosite în construcții pentru prevenirea avariilor cauzate de cutremure, ar fi suficient să intuim, în valoare globală, importanța acestei preocupări geofizice.

Cutremurul din 10 noiembrie 1940 a oferit materialul necesar întocmirii celei mai complete imagini a seismicității teritoriului României (I. Atanasiu, 1949), exprimată în suprafețe izoseiste, într-o paletă de intensități cu opt trepte, de la gradul 3 la gradul 10. Ea arată că teritoriul care a suferit zguduiriile cele mai puternice este situat în fața Carpaților, iar pe aria lui apar numeroase culminații seismice, în general liniare și adesea paralele. Aceste culminații manifestă fie linii de sensibilitate seismică, fie arii cu reacție seismică simultană, ambele situații fiind depozitare de semnificații geologice importante. Pe de o parte, a fost evidențiată o strînsă corelare între modul lor de manifestare în cursul mai multor cutremure de pămînt intense, cu sistemele de linii rupturale profunde (Șt. Airinei, 1966), iar pe de altă parte, cu gradul de „rigiditate seismică” a rocilor și formațiunilor geologice din partea superioară a scoarței terestre (R. Ciocârdel și colab., 1972).

Harta izoseistelor cutremurului de pămînt din 10 noiembrie 1940 a devenit un temei de referință pentru tot șirul de hărți ale seismicității teritoriului României, elaborate (G. Petrescu, C. Radu, 1961, 1963; R. Ciocâr-

del, Al. Cișmigiu, Em. Țîțaru, 1965, harta standard de stat ș.a.).

În figura 42 este reprodusă harta seismicității teritoriului României și a principalelor linii de sensibilitate seismică, schematizată după *Harta zonelor de rigiditate seismică a formațiunilor geologice superficiale din România*⁷⁴ și *Harta seismotectonică a României*⁷⁵. Diferențele, în ceea ce privește alura izoseistelor, se referă doar la câteva detalii de interpretare. Penultimul clișeu al seismicității teritoriului României (1972) prezintă un salt calitativ substanțial față de precedentele, datorită suportului fizico-geologic pe care se fundamentează. Plecînd de la seismocarotajele unui mare număr de foraje adînci săpate în toate unitățile geologice mari ale țării, autorii au construit diagrame de variație a densității în funcție de viteza de propagare a undelor longitudinale, pe baza cărora a fost calculată rigiditatea seismică (ca produs al valorii densității și valorii vitezei de propagare) a diferitelor tipuri de rocă din compoziția scoarței terestre. După gruparea rocilor în funcție de valorile obținute la șase categorii de rigiditate, s-a construit o hartă a formațiunilor geologice după rigiditatea lor dinamică. În cazurile în care s-a constatat că rigiditatea scade cu adîncimea, s-au reținut valorile formațiunilor superficiale, pe considerentul că acestea sînt decisive pentru stabilirea comportării seismice a locului. După determinarea în termeni cantitativi a competenței rocilor și a comportamentului lor în raport cu distanța la focarul cutremurului din 10 noiembrie 1940, au fost trasate izoseistele acestuia. Din morfologia acestora, practic asemănătoare cu acelea trasate anterior numai pe date de observație macroseismică, rezultă următoarele: izoseista maximală, de gradul 9 în scara MM, este deplasată față de verticala focarului la circa 50 km spre est, în zona Panciu—Focșani, unde umplutura se-

⁷⁴ CIOCARDEL R., SOCOLESCU M., POPESCU M., *Éléments pour la sismicité de la Roumanie*, Rev. roum. géol., géophys., géogr., Série de Géophysique, 16, 1, 21—34, Bucarest, 1972.

⁷⁵ CONSTANTINESCU L., CORNEA I., LAZĂRESCU V., *Seismotectonic map of the Romanian territory*, Stud. tehn. econ., Seria D (Prospecțiuni geofizice), X, Partea a III-a, 291—298, București, 1975.

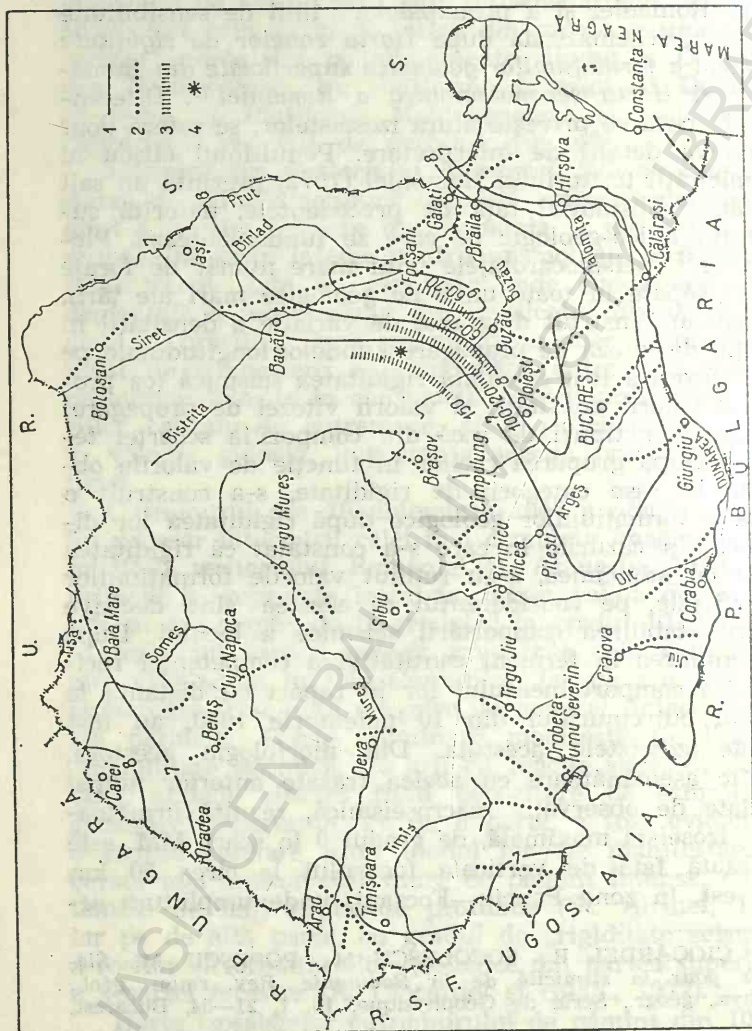


Fig. 42. Harta seismicității teritoriului României (schematizare după R. Ciocârdel și colab., 1972; L. Constantinescu și colab., 1975):

1, linii izociste medii; 2, linii de sensibilitate seismică; 3, linii de egală adâncime, în kilometri, a cutremurelor intermediare din regiunea de curbă a Carpaților Orientali; 4, epicentrul focarului cutremurului de pământ din 10 noiembrie 1940.

dimentară este de slabă rigiditate și are grosimea maximă; izoseistele de 8 și 7 grade urmează orientări generale NE și SV față de focar, indicînd forma și morfologia fundului cuvetei umplută cu sedimentele de mică rigiditate; descreșterea rapidă a intensității seismice spre vest, datorită rigidităților seismice crescute ale formațiunilor miocene, paleogene și mezozoice din structura complicată a Carpaților, și care funcționează ca ecrane de reflexie și de redistribuție a energiei; rigiditatea mare a formațiunilor dobrogene produce și pe această direcție o descreștere rapidă a intensității seismice.

La acest tablou general, valabil cutremurelor de pămînt moldavice, sînt de adăugat zonele de seismicitate de gradul 7 din Dobrogea și Banat, și de gradul 7 și 8 din Crișana și Maramureș, toate datorate focarelor normale din cuprinsul acestor zone seismice.

Toți seismologii și cercetătorii sînt de acord că activitatea seismică din zona Vrancea este sursa principală a seismicității teritoriului României. Așa se explică numeroasele studii consacrate cunoașterii focarelor normale și intermediare din acest „volum seismic”. Printre acestea, un prag calitativ nou îl marchează acelea care se ocupă cu descifrarea pe modele teoretice, a mecanismului de producere a cutremurelor în focarele lor (L. Constantinescu, D. Enescu, 1962, 1963, 1964; C. Radu, 1965 ș.a.). Sînt aduse contribuții cu privire la unele caractere ale mecanismului de declanșare a cutremurelor, din care derivă implicații seismotectonice, cum ar fi: pozițiile probabile ale planelor de falie, natura faliei, tipul cutremurului, poziția vectorului nul (direcția pe care deplasările sînt nule, reprezentînd elementul tectonofizic corelabil cu structura geologică regională de la suprafață) și starea de tensiune în focare. Majoritatea cutremurelor au planele de falie tangente la arcul carpatic, cu o înclinare de $55-60^\circ$ spre NV, iar celelalte, puțin numeroase, au o direcție transversală și o înclinare de $40-50^\circ$ spre NE, tipul predominant fiind falia inversă. Circa 70% din cutremurele carpatice sînt cauzate de șocuri de compresiune și numai 30% de șocuri de dilatare. Pentru că direcția vectorului nul este paralelă cu arcul carpatic și cu direcțiile axelor structurilor majore de suprafață, s-a dedus concluzia geodi-

namică care arată că sistemul de forțe care au determinat stilul geologo-geomorfologic al regiunii are elemente comune cu sistemul de forțe care continuă să fie activ în focarele ei seismice. Existența unor planuri structurale mai vechi decît cel carpatic este dezvăluită de tendințele de transversalitate pe arcu carpatic al unor vectori nuli.

Tabloul general, argumentat de elementele mecanismului de producere a cutremurelor vrîncene, arată că regiunea Vrancea este o zonă nodală care se manifestă prin două tendințe reciproc perpendiculare de deformare a scoarței și a maselor subcrustale: una în paralelism cu caracteristicile tectonicii de suprafață, alta subordonată și transversală la prima. De aici, rezultă că planul structural de la suprafață este în corelare tectonofizică cu planul structural din adîncime și că o parte din forțele care au determinat geomorfologia și tectonica regiunii de la curbura Carpaților este de natură seismică. Este ceea ce arată și analiza datelor gravimetrice și magnetice din regiune (Șt. Airinei, 1966).

În legătură cu regimul seismic din regiunea Vrancea sînt de semnalat primele tentative de „predicție” a macroseismelor care se vor produce în focarele acestei zone epicentrale (D. Enescu și colab., 1974, 1975). Încercarea se înscrie într-una din recente preocupări ale seismologiei, de diminuare a riscului seismic. Pentru aceasta se are în vedere punerea sub control continuu și riguros a activității seismice din zonele cu frecvente macroseisme și de a se întocmi „calendare anuale ale seismelor” sau pentru intervale mai lungi de timp. Acestea ar avea drept scop de-a prevedea cînd și unde se vor declanșa macroseisme, care le va fi intensitatea. Se înțelege că pronosticarea macroseismelor cu o lună sau mai mulți ani înaintea dezlănțuirii lor, ar salva multe vieți omenești și ar sustrage distrugerilor cel puțin avuțiile materiale valoroase.

Primul studiu (1974) pleacă de la analiza cantitativă a secvențelor seriei temporale a macroseismelor care s-au produs în focarele din Vrancea, începînd cu cel consemnat în cronici, din 1471, pînă în prezent. Extrapolînd în viitor partea deterministică a seriei temporale, autorii ajung la următoarea predicție statistică: viitoarele macroseisme foarte intense ($I_0 \geq 7-9$ grade) se

prevăd a se produce în anii 2004, 2040 și în intervalul 2080—2090 ; pînă la sfîrșitul sec. XX, există un risc seismic de circa 80% pentru producerea unui macroseism de $I_0 \geq 7-8$, în anul 1985 și un alt risc seismic de 50% pentru declanșarea către 1995 a altui macroseism de intensitate asemănătoare celui din 10 noiembrie 1940. Amenințarea producerii acestor două macroseisme foarte intense face pe autori să recomande instalarea de urgență a mai multor stații de înregistrare de mare acuratețe, pentru studiul activității micro-și ultramicro-seismice din regiunea Vrancea. Un asemenea studiu ar putea asigura predicția pentru perioade scurte de timp și a pronostica declanșarea cutremurului cu precizie de cîteva zile.

Cel de al doilea studiu (1975) utilizează filtrele de previziune Wiener (reprezentînd distribuția în timp a energiei seismice E , eliberată de cutremurele vrîncene) pentru extrapolarea în viitor a datelor privind activitatea seismică din focarul Vrancea. Pentru a obține o precizie mai mare, autorii au folosit în calcule parametrul $E_s^{1/2}$, în locul intensității (I_0). S-au folosit serii de timp reprezentate prin distribuția în timp a rădăcinii pătratică a energiei seismice ($E_s^{1/2}$) eliberată de focarele din Vrancea în intervalele 1861—1970 și 1801—1970. În calcule s-a luat în considerare, în fiecare caz, perioada anterioară, 1471—1800 și respectiv 1471—1860. Calculele realizate și interpretarea rezultatelor obținute au permis autorilor să întocmească un „Buletin de prognoză”, pentru următorii 14 ani (1976—1990). Aproape sigur sau cu o mare probabilitate, vor avea loc următoarele evenimente seismice : în perioada 1976—1980, focarele din Vrancea vor elibera o energie seismică de aproape $(9,22 \pm 2,78) \cdot 10^{10} \text{ erg}^{1/2}$, asigurînd un calm seismic relativ, cutremurele nedepășind $M = 6$; în perioada 1981—1990, energia eliberată de focarele vrîncene va fi de circa $(21,55 \pm 3,00) \cdot 10^{10} \text{ erg}^{1/2}$, ceea ce reprezintă o creștere importantă față de perioada precedentă, indicînd o activitate seismică intensă și cu declanșări de cutremure care nu vor depăși $M = 6,8-7,0$; cutremurele cu magnitudini mari au șansa să fie compensate cu secvențe de cutremure cu magnitudini mai mici, transformînd cazurile posibil periculoase în mai multe momente macroseismice nepericuloase.

Cîteva date caracteristice ale macroseismului din 4 martie 1977. Cutremurul de pămînt s-a produs în regiunea Vrancei⁷⁶, la ora 21,22, ora României; a avut magnitudinea $M = 7,2$ (Richter), locul de declanşare aflîndu-se spre canalul astenosferic, la intrarea în zona a treia a frecvenţelor hipocentrelor seismice (fig. 8). Cutremurul a afectat o parte importantă a teritoriului României, nordul R. P. Bulgaria şi sud-vestul U.R.S.S. Macroseismul din 4 martie 1977 a fost amplu studiat de Centrul Europeo-Mediteranean din Strasbourg pe baza seismogramelor a 316 staţii seismologice situate la distanţe epicentrale cuprinse între 7 şi 10 489 km; aici au fost determinate, printre alţi parametri caracteristici oricărui cutremur de pămînt, limitele epicentrului instrumental, încadrate într-un dreptunghi marcat aproximativ de coordonatele $54,2^\circ$ — $46,0^\circ$ latitudine nordică şi $26,1^\circ$ — $26,9^\circ$ longitudine estică (arie delimitată de localităţile Tulnici—Soveja—Bîrseşti—Năruja).

Analizele ulterioare publicării primelor date caracteristice preliminare⁷⁷, efectuate pe un număr mare de seismograme înregistrate la numeroase staţii seismologice, arată că seismul din 4 martie 1977 este caracterizat printr-un *mecanism multi-şoc*, constînd dintr-un preşoc (F) şi trei şocuri (S_1 , S_2 , S_3) şi definite de parametri menţionaţi în tabelul 5.

Tabelul 5

Parametrii cutremurului de pămînt vrancean cu mecanism multi-şoc, din 4 martie 1977 (după Centrul de Fizica Pămîntului şi Seismologie, 1978)

Şoc	Coordonate		Adîncimea (km)	Timp (GMT)	Magnitudine (Richter)
F	$45^\circ, 78$ N	$26^\circ, 78$ E	93	19.21.56.2	5
S_1	$45^\circ, 72$ N	$26^\circ, 94$ E	79	19.22.00.9	6,5
S_2	$45^\circ, 48$ N	$26^\circ, 78$ E	93	19.22.08.5	6,5
S_3	$45^\circ, 34$ N	$26^\circ, 30$ E	109	19.22.15.4	7,2

⁷⁶ * * * Cutremurul din România de la 4 martie 1977 şi efectele sale asupra construcţiilor (scurtă monografie). Comunicare la Congresul CO.P.I.S.E.E. „Protecţia construcţiilor în zonele seismice” (Bucureşti, 21—24 noiembrie 1978).

⁷⁷ CONSTANTINESCU L., Cîteva date asupra seismului vrancean din 4 martie 1977, Stud. cerc. geol., geofiz., geogr., Geofizica, 15, pp. 177—178, Bucureşti, 1977.

Un alt parametru important al seismului din 4 martie 1977, este energia pe care a eliberat-o în focar; energia evaluată este de $1,58 \cdot 10^{22}$ ergi, valoare ce se află de circa douăzeci de ori mai mare decât energia medie anuală corespunzătoare regiunii seismice nr. 51 (România) din zona seismică Gutenberg-Richter a Pământului, de $0,81 \cdot 10^{21}$ ergi. Această valoare a fost calculată ca medie a energiei seismelor care au avut loc pe aria acestei regiuni în intervalul 1904—1952. Compararea energiei seismului din 4 martie 1977 (de $1,58 \cdot 10^{22}$ ergi și de magnitudine 7,2) cu energia seismului catastrofal precedent din 10 noiembrie 1940 (de $7,94 \cdot 10^{22}$ ergi și de magnitudine 7,4) și a consecințelor care au decurs în urma fiecăruia, arată cât de importantă este adâncimea focarului în suita distrugerilor care le provoacă la suprafață declanșarea unui seism dînc ($h > 300$ km), intermediar ($300 < h < 60$ km) sau superficial ($h < 60$ km).

Macroseismul din 4 martie 1977, cu mecanism multioc, a fost precedat de un cutremur vrîncean, la 1 octombrie 1976, de $M = 5,2$, resimțit la București cu intensitate $I = V$ (în scara internațională a intensităților). După 4 martie 1977, au fost înregistrate numeroase *replîci* de magnitudini inferioare cutremurului *recursor*.

La București, prima sosire a undelor longitudinale (undele P) a avut loc la 25,2 secunde după declanșarea în focar a seismului (adică la ora $21^h 22^m 21^s,4$ timp local). Undele transversale (undele S) au sosit probabil cu 19—20 secunde mai tîrziu (decî în jurul orei $21^h 22^m 41^s$), dar ele nu au putut fi înregistrate din cauza scoaterii din funcțiune a seismografeleor stațiunii București—Fîlaret.

Studiul macroseismic efectuat de C.F.P.S. (Centrul de Fizică a Pământului și Seismologie din București—Măgurele), cu ajutorul datelor înregistrate în peste 10 000 de copii de formular-chestionar distribuite în țară, s-a concretizat în elaborarea de hărți cu privire la distribuția și zonarea intensităților seismice și cu privire la zonarea efectelor geologice produse de seism. Din *harta seismicității* se remarcă, din morfologia izoseistelor, tendința de focalizare a undelor seismice cu efecte mari pe direcția NE—SV, nesimetric distribuite față de

epicentrul instrumental. Intensitățile au fost relativ moderate în zona epicentrală, dar s-au manifestat cu valori mai mari pe insule situate la distanțe mari, conditivate de factori geologici locali. Pe astfel de insule s-au situat București, Craiova și alte localități. În particular, s-a constatat că undele seismice au fost puternic direcționate spre S—SV față de focar, probabil ca o consecință a specificului geologic al regiunii din fața curbării Carpaților Orientali, precum și a mecanismului de generare a cutremurului, generare care se oprește brusc la șocul S_3 , considerat a reprezenta cauza principală a direcționării accentuate a undelor seismice și a accelerațiilor ridicate de tip șoc. Șocul impulsurilor s-a repercutat chiar asupra instalațiilor și aparatelor de înregistrare a unor stații seismologice, punând în dificultate pe specialiști de a efectua imediat determinările preliminare pentru caracterizarea cutremurului produs. La București au fost obținute înregistrări semnificative cu un accelerograf SMAC-B și cu un seismoscop Wilmat, la INCERC, în subsolul clădirii, precum și cu accelerografe MO-Z la nivelul superior al unei construcții înalte din București ($P + 9E$), de asemenea, la nivelul terenului la Vrîncioaia în apropierea epicentrului prelocului F și în subsolul unui bloc din municipiul Galați.

Accelerometrele au permis să se remarce că în primele 18 secunde au predominat accelerațiile componente verticale (datorită undelor P), cu frecvențe de 10 Hz și amplitudini de $0,5 \text{ m/s}^2$; în următoarele 10—15 secunde predomină accelerații puternice ale componentei orizontale (datorită undelor S), cu frecvențe joase (de circa 1 Hz pentru componenta E—V și de circa 0,6—0,7 Hz pentru componenta N—S) și amplitudini relativ mari (de $1,6 \text{ m/s}^2$ pentru E—V și de peste $2,1 \text{ m/s}^2$ pentru N—S). Componenta verticală se menține în continuare cu frecvențe înalte și cu amplitudini de peste $1,1 \text{ m/s}^2$. În ultima fază, se fac evidente undele de suprafață (L) de frecvențe mai joase și cu amplitudini moderate.

Din harta zonării efectelor geologice produse de macroseism, se constată numeroase modificări asupra mediului natural, mai ales în sudul țării, ca: fenomene de alunecări de teren, modificări în nivelul apelor subterane, generarea de izvoare de ape, fenomene de for-

mare a unor cratere etc., precum și o creștere temporară a seismicității induse în zonele barajelor mari, însoțită de o modificare temporară a regimului de infiltrare a apelor din marile lacuri.

Activitatea seismică din regiunea Vrancea a fost analizată și în lumina tectonicii plăcilor litosferice⁷⁸. Distribuția focarelor vrâncene se află într-o zonă strat de tip Benioff (fig. 7) și în cadrul derulării unui amplu fenomen de subducție în regiunea de curbură a Carpaților Orientali (fig. 43) — subducție realizată de microplaca Mării Negre care se afundă în astenosferă sub microplaca interalpină (fig. 60) — și care condiționează întreținerea neîntreruptă a procesului de producere a energiei seismice odată cu dezvoltarea în adâncime a frunții microplăcii subduse. Modelul conceput pe baza datelor fizico-geologice existente la data respectivă pune în joc o mișcare de împintare în astenosferă, pe o adâncime de peste 100 km, în material simatic, a frunții microplăcii Mării Negre, constituită parțial din material ialic (cu o lățime de peste 100 km și de o grosime de circa 60 km). Fruntea microplăcii Mării Negre presează materialul întilnit în cale și suportă procese de topire în astenosferă, unde întilnește temperaturi în jur de 500°C și presiuni de circa 250 000 atm. Procesele fizico-chimice care însoțesc subducerea și topirea în astenosferă a frunții microplăcii Mării Negre pot constitui surse de generare a energiei seismice care, prin acumulare în zone-volum preferențiale (de exemplu, la intersecția fracturilor din blocul litosferic subdus), dau naștere la focarele intermediare vrâncene.

Analizele statistice realizate pentru seismele intermediare din zona epicentrală Vrancea arată următoarele: pentru seismele mari și foarte mari ($M > 6-7$, Richter), intervalul de acumulare a energiei corespunzătoare declanșării lor este cuprins între 30 și 50 de ani; pentru seismele moderate ($M = 4-5$, Richter), intervalul de acumulare scade proporțional cu energia acumulată și eliberată. Dacă energia acumulată s-ar descărca fracționat, sub formă de seisme moderate sau mai mici,

⁷⁸ AIRINEI ȘT., *Activitatea seismică din regiunea Vrancea în lumina tectonicii plăcilor*, Terra, An. IX (XXIX), nr. 1, pp. 31—36, București, 1977.

pericolul producerii cutremurelor mari și foarte mari ar fi îndepărtat. Fenomenele seismice se desfășoară în condiții naturale deosebit de complexe și, practic, imposibil de stăpinit cu mijloacele de cunoaștere și mijloacele tehnice actuale.

Seismotectonica teritoriului României. Energiile mari eliberate de focarele seismice, transmise pe calea undelor elastice în volume considerabile ale planetei și manifestate cu violență la suprafața scoarței, produc deformări în structurile geologice existente sau dirijează prin activitatea lor îndelungată evoluția tectonică a unei regiuni întregi a litosferei. Aici își are loc conceptul de seismotectonică. Cum teritoriul României este afectat de energii seismice mari, s-a pus problema cunoașterii contribuției energiei seismice, alături de alte mecanisme geodinamice, la tectonica teritoriului țării în trecut, în prezent și a tendințelor spre viitor. Extrapolarea spre trecut și descifrarea tendințelor spre viitor cere o bună cunoaștere a stărilor de fapt prezente. Or, în această privință sîntem la început, deși elemente de seismotectonică au fost evidențiate încă de la finele sec. XIX și începutul sec. XX (M. Drăghiceanu, 1884; Gr. Ștephănescu, 1901).

Prima hartă seismotectonică a României (I. Atanasiu, 1961) sintetizează și figurează sub formă de linii de sensibilitate seismică, caracteristicile specifice din mai multe imagini cu izoseiste pentru cutremure moldavice, apreciate după modul de manifestare a seismelor în corelație cu trăsăturile esențiale ale unităților tectonice afectate. Aliniamentele liniilor de sensibilitate seismică sînt interpretate, intuitiv, ca expresii ale unor linii rupturale ale fundamentului cu oarecare mobilitate. Lucrările geofizice ulterioare au confirmat doar parțial această presupusă legătură de tip seismotectonic.

Preocupările de seismotectonică au revenit relativ recent în programul de studii al specialiștilor români, constituind, totodată, o contribuție a lor la efortul comun solicitat de „Proiectul pentru cercetarea seismicității regiunii balcanice” (UNDP/UNESCO). Pînă în prezent, au fost elaborate și publicate două lucrări: prima are în vedere seismicitatea Carpaților Orientali și a regiunilor

mitrofe din est și vest⁷⁹; a doua, seismotectonica generală pentru întreg teritoriul României⁸⁰. Ambele au, după aprecierea autorilor, caracter preliminar.

Datele de bază folosite aparțin geofizicii și tectonicii. În afară de datele care țin de distribuția spațială și activitatea seismică în focarele zonelor seismice (mecanismul focarului și soluția planelor de falie, relațiile energiilor seismice, seismicitatea și regimul seismic, manifestările macroseismice ș.a.) sînt utilizate rezultatele cercetărilor gravimetrice, magnetice și a sondajului seismic adînc, cele din urmă, în special pentru informațiile pe care le oferă pentru tabloul tectonicii adînci a litosferei. Datele tectonice se referă la tabloul elementelor structurale din partea superioară a scoarței, ilustrat de *Harta tectonică a României* și la elementele de neotectonică evaluate cantitativ prin mișcările recente ale crustei. Compilarea acestor date, semnificative din punct de vedere seismotectonic, pe hărți la scări convenabile, constituie sinteze cadru preliminare pentru deducerea relațiilor organice dintre ambele categorii de informații, geofizice și tectonice. Cu ajutorul lor s-au putut stabili legături funcționale bine demonstrate și altele cu valoare ipotetică, deosebit de atrăgătoare și de aceea rămase deschise cercetării în etape următoare.

Un asemenea tablou de legături demonstrate și ipotetice este reprodus în figura 43. Compilarea acestor legături privește litosfera și mantaua superioară, într-o interpretare compatibilă cu raporturile structurale majore întrevăzute în lungul secțiunii transversale AA' (pe aliniamentul nord Galați—Rupea) prin regiunea de curbură a Carpaților Orientali. Explicațiile legendei și cele notate direct pe secțiune ne scutesc de explicații ample de ordin geologic. De asemenea, analiza elementelor tectonice cuprinse în secțiune (dintre care marea majoritate sînt definite pe cale geofizică), relevă cu ușurință corelări seismotectonice importante.

Poziția „nodală” a zonei epicentrale Vrancea și întreținerea ca direcții, dar în planuri structurale situate pe

⁷⁹ CONSTANTINESCU L., CORNEA I., LĂZĂRESCU V., *An approach to the seismotectonics of the Romanian Eastern Carpathians*, Rev. roum. géol., géophys., géogr., Série de Géophysique, 17, 2, 133—143, Bucarest, 1973.

⁸⁰ op. cit., nota infrapagină 75 (p. 155).

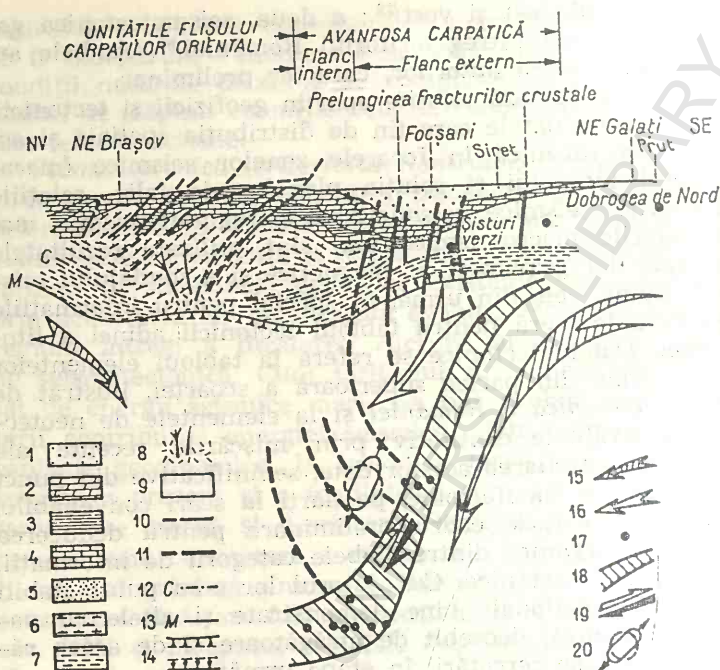


Fig. 43. Secțiune ipotetică transversală de la SE spre NV prin zona de curbură a Carpaților Orientali, cuprinzând scoarța și mantaua superioară (după L. Constantinescu și colab., 1973):

1, depozite cuaternare și pliocene; 2, depozite miocene; 3, depozite paleogene; 4, depozite mezozoice; 5, depozite paleozoice; 6, formațiuni cristaline; 7, stratul bazaltic; 8, surse ipotetice de magmă; 9, mantaua superioară; 10, linii de încălecare; 11, linii de falii; 12, suprafața discontinuității Conrad; 13, suprafața discontinuității Mohorovičić; 14, contribuția mișcărilor izostatice pliocene asupra poziției suprafeței Mohorovičić; 15, curent descendent activ subcrustal; 16, curent indus subcrustal; 17, hipocentrele cutremurelor de pământ (proiectate în planul secțiunii); 18, zone de împingere subcrustală; 19, mișcare de forfecare; 20, elipsoid de forfecare în mantaua superioară.

verticală la adâncimi diferite, a cîmpurilor de fracturi crustale sau regionale (unele, cele din nivelurile superioare, asociate tectonicii Carpaților, altele, din nivelurile mai adînci, stilului hercinic dobrogean), direcții regăsite încrucișat chiar în planele de falie ale focarelor cutremurelor de pământ, apoi distribuția hipocentrelor într-o zonă-strat de tip Benioff, cu o grosime ușor crescătoare de la suprafață în adîncime (de la 30 la 50 km), înclinată de la SE spre NV sub un unghi mediu de 45° pen-

ru sectorul seismelor normale și cu 67° pentru segmentul celor intermediare (v. fig. 7), arată cu claritate că mecanismul de formare a eșafodajului structural a fost întreținut neîntrerupt de energia seismică eliberată din focarele mereu mai multe, odată cu dezvoltarea zonei-strat însăși. Depresiunea Focșani—Odobesti este ultimul produs al activității seismotectonice care durează de cel puțin 7 milioane de ani, dacă raportarea se face doar la perioada de umplere a ei cu sedimente sarmațiene și pliocene.

Figura 43, spre deosebire de figura 7, prezintă elemente de mișcare, sugerate tocmai de raporturile seismotectonice stabilite între categoriile de elemente geofizice și tectonice. Interpretarea mișcării are, în acest stadiu, un caracter ipotetic și poate fi rezumată astfel: zona-strat care conține hipocentrele vrâncene și care are orientarea generală după axa mare a zonei epicentrale de maximă intensitate (închisă de izoseista de 9 grade), joacă rolul unui plan de falie de forfecare, antrenat progresiv în adâncime de ramura descendentă a curențului de convecție asociat unei expansiuni de tip oceanic activ sub apele Mării Negre. În lungul planului are loc un stress activ de compresiune iar perpendicular pe el, un stress de tensiune responsabil de sistemul de „falii-pană” produs și care afectează însăși litosfera. Este un model care explică coexistența planelor de falii fizice din focare (unele plonjind spre NE, altele către NV), precum și coexistența diferitelor direcții structurale, ca efecte ale unor deplasări de mase continentale. Autorii admit existența paralelă a unui curent de convecție sub-crustal pe verticala Depresiunii Transilvaniei și în lungul liniei anomaliilor magnetice pozitive din centrul ei, cu ramura descendentă spre est. Convergența ramurilor descendente ale ambelor „celule de convecție” poate să explice rădăcina sialică, de aproape 15 km, a Carpaților Orientali, precum și rolul de ecran de absorbție a energiei seismice pe care îl joacă rădăcina sialică, ca scut de protecție al hinterlandului carpatic împotriva activității seismice vrâncene.

Harta seismotectonică a teritoriului României (1975)
— clișeu condensat cu date geofizice și tectonice semnificative din punctul de vedere urmărit, și rezultat al procesului de integrare la granița mai multor cîmpuri de

cercetare — își propune să evidențieze faptul că atât aria de orogen carpatic (prelungit ca evoluție tectonică pînă în cuaternar prin erupțiile vulcanice), cît și aria de platformă, cu părți foarte vechi (epicareliene) și mai noi (epihercinice) sînt încă active seismotectonic. Ceea ce în prima lucrare (1973) fusese avansat cu prudență, posibilitatea existenței unei zone de subducție în lungul segmentului estic al Carpaților, lucrarea a doua (1975) tinde să încadreze relațiile seismotectonice stabilite în conceptul tectonicii plăcilor. Dar, asupra acestor aspecte vom reveni în capitolul următor (4.4). Aici, să reținem un fapt nou, acela că autorii analizează cu argumente tectonice fenomenul paleoseismic din regiunea seismică Vrancea. Luînd în considerare tendința persistentă de subsidență din regiunea de curbură a Carpaților Orientali, demonstrată geologic ca începînd din cretacic, a fost logic să se conchidă că activitatea seismică a migrat din interiorul spre exteriorul zonelor orogene, în paralel cu tectonica și cu procesele de sedimentare, și că intensitatea activității seismice a crescut mereu din sarmatian pînă în prezent.

Celelalte arii epicentrale din România — în majoritatea lor corespunzătoare la cutremure locale, cu focare asociate la falii crustale, și numai în puține cazuri la focare subcrustale (cele din Făgăraș-Loviște, precum și cele din zona Urziceni-Pogoanele) — produc o seismicitate moderată. În totalitatea ei, *Harta seismotectonică a teritoriului României* relevă numeroase laturi geodinamice, cu rol de ghid la înțelegerea structurii geologice și deschide orizonturi noi atât pentru fundamentarea detaliilor zonării seismice, cît și pentru tentativele de evaluare a riscului seismic.

Sondajul seismic adînc pe teritoriul României. Este de remarcat faptul că în literatura de specialitate, metoda sondajului seismic adînc mai este denumită seismologie de explozie și seismologie cu sursă controlată. Figura 44 ne introduce direct în activitatea seismică pentru studiul sistematic al scoarței terestre din România, inițiată în 1966 și desfășurată de atunci pînă în prezent, în cadrul programului internațional elaborat de Comisia de geofizică a Asociației geologice Carpato-Balkanice și a Comisiilor academiilor pentru geofizica pla-

netară (KAPG) ⁸¹. Lucrările seismice realizate sînt localizate în partea de NV a țării (efectuate în paralel cu profilul internațional III) și pe segmentele profilelor II (Călărași-Oancea) și XI (Galați-Oradea).

Obiectivele sondajului seismic adînc sînt legate de cunoașterea structurii majore a scoarței terestre, începînd cu determinarea variației grosimii sale (asociată morfologiei discontinuității Moho), a prezenței totale sau parțiale a păturilor constituente și a variațiilor de grosime a lor (sedimentară, granitică și bazaltică) și a cîmpurilor de fracturi crustale (ca zone de mobilitate a litosferei, capabile să asocieze condiții de acumulare și de formare de zăcăminte de substanțe minerale utile).

În figura 44 sînt marcate adîncimi în kilometri, la discontinuitatea Moho (M), la discontinuitatea Conrad (C) și la fundamentul cristalin (K). În general, suprafețele seismice din cuprinsul scoarței și de la baza ei au înclinări relativ mici și sînt situate între limite de adîncime foarte largi: 1—18 km pentru suprafața fundamentului cristalin; 15—27 km pentru suprafața stratului bazaltic (C) și 24—54 km pentru discontinuitatea Moho (M). După cum vom putea vedea în cele două exemple pe care le vom analiza în continuare, discontinuitatea Conrad nu este semnalată seismic continuu decît rareori iar discontinuitatea Moho nu apare totdeauna ca o suprafață unică și bine individualizată. Din datele seismice existente pînă în prezent, grosimea scoarței terestre din România este în jur de 48—54 km în zona muntoasă de la curbura Carpaților, de 30—33 km în Depresiunea Transilvaniei, de 25—28 km în Cîmpia de Vest a țării și de 28—30 km în Cîmpia Română. Este interesant de a compara adîncimile la suprafața Moho obținute pe calea seismică, cu cele determinate din date gravimetrice (fig. 34). În majoritatea cazurilor (zonele de platformă, Cîmpia de Vest, Depresiunea Transilvaniei) valorile concordă; neconcordanțele mari apar pe ariile muntoase. Aceste aspecte sînt principal justificate.

Reproducem în figura 45, rezultatele sondajului seismic adînc pe un segment din profilul internațional II;

⁸¹ CONSTANTINESCU L., CORNEA I., ENESCU D., *Structure de la croûte terrestre en Roumanie d'après les données géophysiques*, Rev. roum. géol., géophys., géogr., Série de Géophysique, 16, 1, 3—20, Bucarest, 1972.

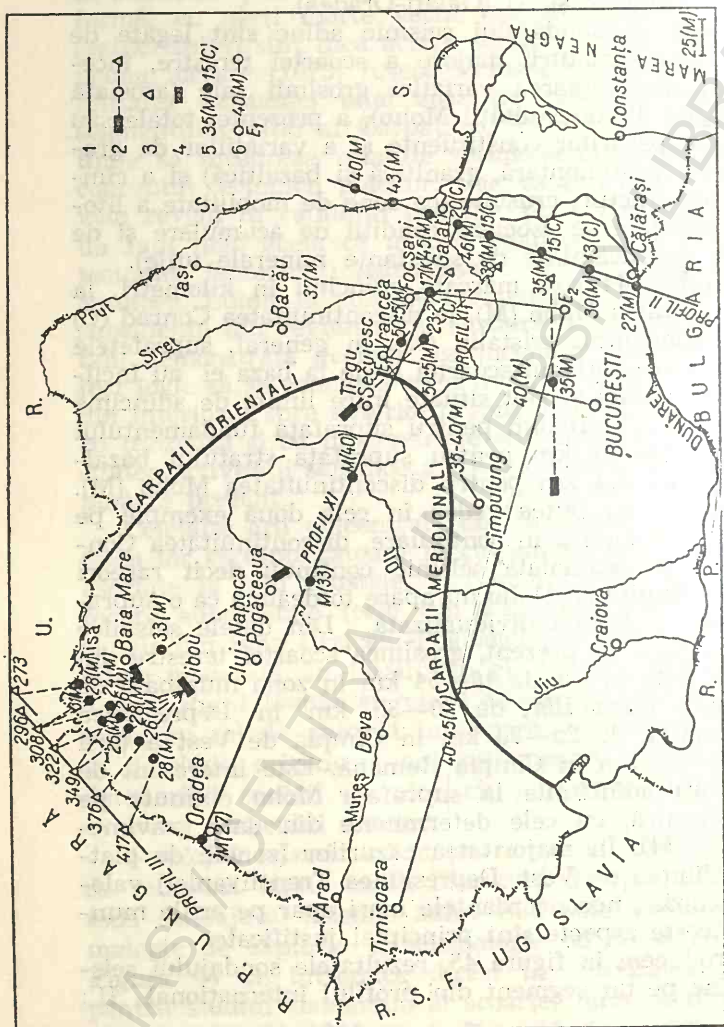


Fig. 44. Profile și dispozitive seismice de observație executate pentru studiul scoartei terestre pe teritoriul României (după L. Constantinescu și colab., 1970; completată cu date noi): 1, profil internațional; 2, sonde seismice punctuale; 3, punct de explozie; 4, dispozitiv de înregistrare; 5, punct în care sînt indicate adîncimile suprafețelor Moho (M), Conrad (C) și a fundamentului cristalin (K); 6, direcția epicentru-stație pe care sînt indicate adîncimile suprafețelor Moho (M).

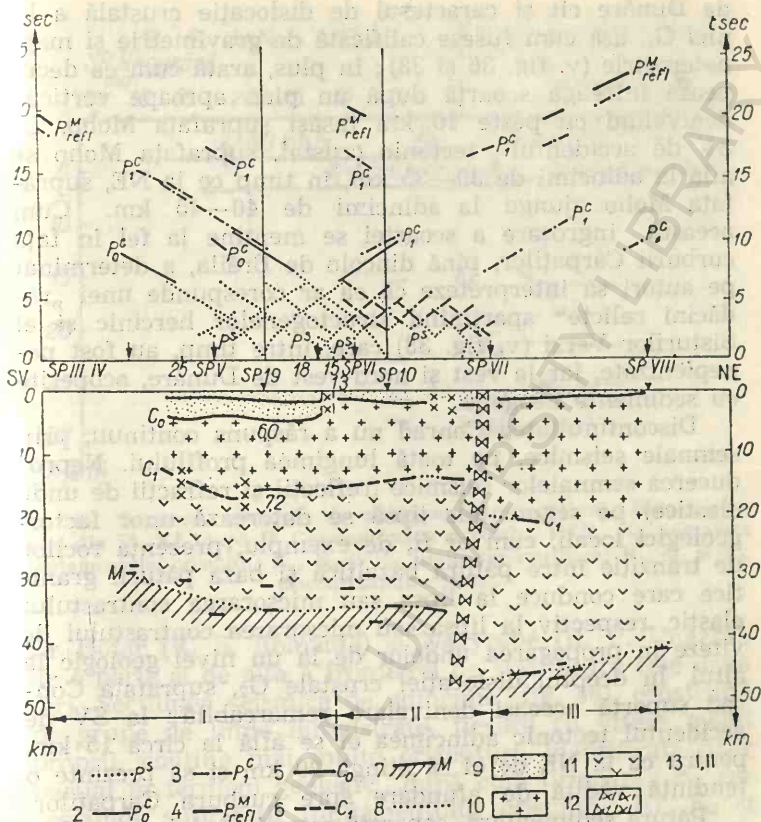


Fig. 45. Secțiune seismo-geologică și grafice timp-distanță pe un segment din Pl.II (după P. Constantinescu, I. Cornea, 1972).

1, sosiri de la sedimente; 2, sosiri de la fundament; 3, sosiri de la suprafața Conrad; 4, reflecții de la suprafața Moho; 5, fundamentul cristalin; 6, suprafața Conrad; 7, suprafața Moho; 8, orizont interpolat; 9, complex sedimentar; 10, strat granitic; 11, strat de gabbro; 12, falii cunoscute și falii adinci (DSS); 13, unități tectonice: I, Platforma Moesică; II, prelungirea nord-vestică a Dobrogei centrale; III, idem, a Dobrogei hercinice.

segmentul se află situat de o parte și de alta a cîmpului de fracturi crustale Peceneaga-Camena (G_2 din fig. 34)⁸². Sondajul seismic adinc confirmă atît prelungirea la NV

⁸² CONSTANTINESCU P., CORNEA I., *The results of DSS measurements in the cooperating countries*, 27, Romania, *Geofizikai Közlemények*, Special Edition, 113—117, Budapest, 1972.

de Dunăre cît și caracterul de dislocație crustală a liniei G_2 , așa cum fusese calificată de gravimetrie și magnetometrie (v. fig. 36 și 38); în plus, arată cum ea decupează întreaga scoarță după un plan aproape vertical, denivelînd cu peste 10 km însăși suprafața Moho. La SV de accidentul tectonic crustal, suprafața Moho se află la adîncimi de 30—35 km, în timp ce la NE, suprafața Moho ajunge la adîncimi de 40—45 km. Cum această îngroșare a scoarței se menține la fel în fața curburii Carpaților, pînă dincolo de Brăila, a determinat pe autori să interpreteze că ea ar corespunde unei „rădăcini relict” aparținînd structogenelor hercinic și al Șisturilor Verzi (v. fig. 38) care, între timp, au fost pe-neplenizate, iar la vest și nord-vest de Dunăre, acoperite cu sedimente neogene.

Discontinuitatea Conrad nu a răspuns continuu, prin semnale seismice, pe toată lungimea profilului. Neproducerea semnalelor seismice (reflecții și refracții de unde elastice) pe segmentele lipsă se datorează unor factori geologici locali, cum ar fi, de exemplu, prezența rocilor de tranziție între pătura bazaltică și baza păturii granitice care conduce la lipsa sau micșorarea contrastului elastic, respectiv la lipsa sau micșorarea contrastului de viteze în propagarea undelor de la un nivel geologic la altul. În dreptul dislocației crustale G_2 , suprafața Conrad suportă aceeași denivelare remarcabilă: la SV de accidentul tectonic adîncimea ei se află la circa 15 km, pentru ca la NE de el să atingă 20 km și să prezinte o tendință vădită de afundare spre curbura Carpaților.

Pătura sedimentară, separată numai pînă la suprafața fundamentului cristalin (trecerea de la rocile metamorfizate la cele din partea superioară a stratului granitic nefiind tranșantă) suportă aceeași denivelare, de numai 1—2 km, în dreptul dislocației crustale G_2 , ceea ce face ca grosimea ei să fie mai mică pe segmentul din SV (între 1 și 2 km) și mult mai mare pe cel din NE (ajungînd pînă la circa 5 km).

Specialist sau nespecialist rămîne impresionat de grandoearea fenomenelor și a raporturilor geologice pe care le dezvăluie imaginea geofizică, chiar și în această formă ultrasimplificată.

Exemplul al doilea se referă la un segment de circa 65 km lungime, de pe PI XI, cuprins între punctele de

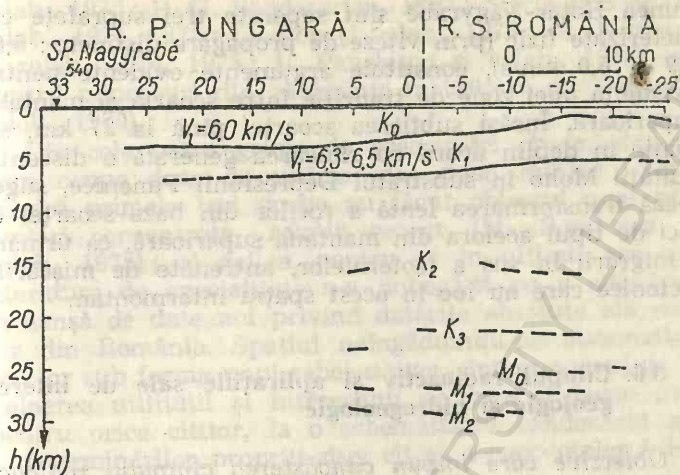


Fig. 46. Secțiune seismică de adâncime pe segmentul Hotar-Nagyarábé din Pl. XI (după P. Constantinescu și colab., 1975): K_0 , suprafața fundamentului cristalin; K_1 , K_2 și K_3 , limite intermediare; M_0 , M_1 și M_2 , discontinuitatea Moho.

tir Hotar (R. S. România) și Nagyrábé (R. P. Ungară), de o parte și de alta a frontierei de stat dintre cele două țări. Secțiunea seismică de adâncime (fig. 46), construită pe grupe de unde înregistrate, fiecare cu viteze medii proprii, conține mai multe orizonturi, identificate doar parțial în termeni geologici, după cum urmează: K_0 corespunde suprafeții fundamentului cristalin; K_1 , K_2 și K_3 sînt orizonturi intermediare, dintre ele K_2 sau K_3 ar putea fi suprafața Conrad; M_0 , M_1 și M_2 constituie un grup strîns pe un interval mediu de 5 km, atribuit discontinuității Moho⁸³. Autorii apreciază că suprafața M_1 , situată la adîncimea medie de 27 km, fiind și cea mai continuă din grup, ar reflecta cel mai bine discontinuitatea Moho. Faptul că discontinuitatea Moho nu apare ca o limită unică și bine individualizată, și că în sec-

⁸³ CONSTANTINESCU P., MITUCH E., POSGAY K., RĂDULESCU F., *Deep seismic sounding in the eastern part of the Pannonian Basin along the International profile XI*, Rev. roum. géol., géophys., géogr., Série de Géophysique, 19, 37—42, Bucarest, 1975.

țiunea Hotar-Nagyrábé sînt separate trei suprafețe caracterizate fizic (prin viteze de propagare distincte : 5,8 ; 5,9 și 6,0 km/s), constituie argumente evidente pentru existența unei zone de tranziție între scoarță și mantaua superioară. Însăși subțierea scoarței pînă la 27 km, situație în deplin acord cu ridicarea generală a discontinuității Moho în substratul Depresiunii Panonice, sugerează transformarea lentă a rocilor din baza scoarței în roci de tipul aceloră din mantaua superioară, ca urmare a migrării în sus a izotermelor, antrenate de mișcările tectonice care au loc în acest spațiu intermontan.

3.6. Cîmpul radioactiv și aplicațiile sale de interes geologic și hidrogeologic

Obiective care impun cunoașterea cîmpului radioactiv. Prezența elementelor și substanțelor radioactive din rocile care alcătuiesc litosfera teritoriului României, de care este asociat fenomenul radioactivității naturale și care conduce la așa-numitul cîmp radioactiv, a îndreptat atenția cercetătorilor, în afară de preocupările de mare anvergură actuală a prospecțiunii radiometrice, la rezolvări de probleme geologice și hidrogeologice de interes preponderent fundamental dar și cu legături practice imediate. Din ultima categorie cităm, în ordinea cronologică a interesului pe care l-au avut, următoarele : a) cunoașterea radioactivității petrolului, apelor minerale și apelor dulci (Dr. Hurmuzescu, 1908 ; E. Giurgea, 1914—1915 ; M. V. Bianu, 1924 ; Gh. Atanasiu, 1925—1965 ; A. Szabó și colab., 1943—1959, pentru a-i cita pe cei mai reprezentativi) ; b) cunoașterea distribuției elementelor și substanțelor radioactive în roci și zăcămintele de minereuri, ca mijloc de studiu radiometric și geologic pentru separări de complexe, orizonturi, niveluri reper etc. (V. Ianovici și colab., 1965, 1966, 1967 ; Maria Lemne, 1970, 1971 ; Em. Gohn și colab., 1972 ș.a.) ; c) rezolvarea unor probleme de succesiune a proceselor în petrogeneză (I. Tiepac și colab., 1969, 1972 ; H. Savu și colab., 1973 și mulți alții) ; d) determinarea vîrstelor absolute ale rocilor din marile unități tectonice (Marcela Dessila-Codarcea și colab., 1963, 1967 ; D. Giușcă și colab., 1967 ; M. Soroiu și colab., 1969, 1970, 1972 ; D. Rădulescu și

olab., 1972; P. G. Bagdasarian, 1972; Silvia Minzatu și colab., 1974, 1975; G. Pop și colab., 1973; M. Mureșan și colab., 1974, 1975; L. Pavelescu și colab., 1975) sau pentru minereuri din zăcămintele metalifere (I. Tiepac și colab., 1970).

Din cele patru grupe de preocupări citate, aici, ne vom ocupa doar de ultima, din două motive: întâi, fiindcă primele trei grupe au făcut obiectul unei prezentări concentrate, relativ recent (M. Socolescu și colab., 1975); al doilea, pentru că în ultimii trei ani, literatura de specialitate s-a îmbogățit cu o adevărată avalanșă de date noi privind datele absolute ale rocilor din România. Spațiul neîngăduindu-ne sistematizarea lor sub forma unui tabel unitar, sîntem constrînși de valoarea utilității și interesului pe care îl poate avea pentru orice cititor, la o schematizare condensată atît a determinărilor propriu-zise, cît și a conceptelor interpretative însoțitoare.

Fenomenul dezintegrării radioactive, geocronologia absolută și tehnicile de laborator care o deservesc. Se-diul cauzelor și locul unde se produce dezintegrarea radioactivă este nucleul; de acolo sînt eliberate cu viteze și energii diferite, radiațiile de natură corpusculară *alfa* (atomi de heliu biionizați) și *beta* (electroni), precum și radiația electromagnetică, de natură ondulatorie, *gamma* (fotoni fără masă și sarcini electrice). Produsele dezintegrării radioactive urmează legile descendenței, adică, lanțul de atomi rezultați se găsesc în raporturi bine precizate, fiecare cu predecesorul său, indiferent din ce familie sau serie face parte atomul sau izotopul primar (a uraniului, thoriului sau actiniului), sau alții, neîncadrați în aceste trunchiuri familiale (izotopii de carbon, potasiu, rubidiu ș.a.). Din lanțul de descendenți al elementului primar, cei care interesează practica geofizică a geocronologiei absolute, sînt izotopii cu mase atomice diferite și care ocupă în tabelul lui Mendeleev căsuța cu același număr de ordin.

Desfășurarea dezintegrării radioactive, specifică fiecărui element radioactiv, urmează o lege exponențială a descreșterii în timp a nucleelor de atomi care se dezintegrează, caracterizată numeric prin trei parametri care se deduc unul din altul: constanta de dezintegrare, vîrsta medie a atomilor radioactivi și timpul de înjumă-

tăţire (intervalul de timp în care au fost dezintegraţi jumătate din atomii existenţi la începutul intervalului considerat). Timpul de înjumătăţire este foarte diferit de la atom la atom radioactiv. Iată câteva exemple : atomii izotopului de rubidiu Rb^{87} au timp de înjumătăţire de $6,3 \times 10^{10}$ ani ; uraniu U^{238} , în jur de 4,5 de miliarde de ani ; izotopul de carbon radioactiv, de 5730 de ani ; emanaţia gazoasă acţiunea, mai puţin de patru secunde.

Tehnicile geocronologiei absolute, de forme variate şi aplicate cu adaptări convenabile categoriei de atomi radioactivi consideraţi, au o fundamentare conceptuală relativ simplă şi relativ unitară. Vîrsta absolută a unei roci este raportată la momentul formării ei, atunci cînd a încorporat printre mineralele sale accesorii, elementele şi substanţele radioactive asociate, şi de cînd atomii radioactivi şi-au continuat fără întrerupere dezintegrarea, părăsind în rocă descendenţii lor stabili (izotopii de plumb în cazul celor trei familii de elemente radioactive ; argonul în cazul izotopului radioactiv al potasiului ; stronţiul în cazul rubidiului etc.). Raportul dintre producţii stabili şi cantitatea de atomi nedezintegraţi scade mereu în timp ; stabilit valoric pentru un anume moment şi acţionînd asupra lui cu unul dintre parametri amintiţi (constanta de dezintegrare, viaţa medie sau timpul de înjumătăţire) al elementului radioactiv considerat, se ajunge direct la stabilirea „vîrstei absolute” sau „vîrstei izotopice” a rocii supusă datării.

La noi în ţară, determinări de vîrste geologice absolute sînt efectuate în două laboratoare de fizică şi geologie nucleară : la Institutul de fizică atomică (Măgurele-Bucureşti) şi la Institutul de geologie şi geofizică. Unele datări au fost realizate de specialiştii străini, în laboratoare din U.R.S.S. (Universitatea Lomonosov din Moscova, Institutul de ştiinţe geologice al Academiei de Ştiinţe din R. S. S. Armeană) şi din Franţa (Universitatea din Paris-Orsay, Centrul de cercetări petrografice şi geochimice de la Nancy).

Marea majoritate a vîrstelor geologice absolute de care dispunem, au fost obţinute prin metoda K/Ar (variantele : activare cu neutroni, cromatografie cu gaze, volumetrică şi diluţie izotopică). Restul, puţine la număr, prin metodele Pb/Pb, Sr/Rb şi C^{14} . Instrumentele şi operaţiunile de laborator pentru determinări de vîrste

geologice absolute fiind deosebit de complexe și de mare finețe experimentală inter-și pluridisciplinare, necesită echipe compuse din specialiști diferit calificați: geofizicieni și fizicieni, geochimiști și geologi, electroniști.

Vîrste geologice absolute și interpretări asociate lor. Lucrările de specialitate existente oferă peste 600 de vîrste izotopice, obținute pentru roci de pe teritoriul României. Eșantioanele studiate fac parte dintr-o gamă largă de roci metamorfice, eruptive și sedimentare, iar autenticitatea lor experimentală este întru totul neîndoielnică. Probele au fost colectate de geologi, din aproape toate unitățile geologice mari sau semnificative ale țării și din puncte cheie pentru descifrările urmărite; tot ei au comentat vîrstele geologice absolute determinate în laboratoare, în lumina istoriei geologice a teritoriului cercetat de fiecare. Este calea care s-a impus de la sine, dar neexistînd încă un drum bătut în această direcție, interpretările au fost conduse în concepția geologică a fiecăruia. Or, concepțiile geologice se găsesc mereu în fierbere, adesea sînt neconcordante de la o regiune la alta, iar datele experimentale nu cad totdeauna bine pe eșafodajele construite cu trudă. Se recunoaște aproape unanim că vîrstele absolute au adus geologiei contribuții deosebit de valoroase, iar printre ele, unele surprind aspecte de mare subtilitate care invită la îndelungi și severe meditații.

Tabelul 6 conține un condensat de vîrste geologice absolute, grupat pe marile unități geologice cercetate. În cadrul fiecărei unități s-au făcut subgrupaje, așa cum o sugerează lucrările din care sînt extrase vîrstele izotopice: pe subunități, serii, corpuri etc. Se va indica roca, localizarea probelor studiate și la una din ultimele trei coloane, vîrstele geologice absolute, în milioane de ani, obținute cu una din metodele: K/Ar, Pb/Pb sau Sr/Rb.

Succesiunea unităților, seriilor și corpurilor eruptive din tabelul 6, urmează modelul dintr-o lucrare recentă de sinteză (Silvia Minzatu și colab., 1975). Neomogenitatea cuprinsului său și a relatărilor privind semnificația geologică a vîrstelor izotopice conținute decurge din neomogenitatea informațiilor publicațiilor existente și folosite. La finele tabelului 6 sînt adăugate opt determinări de vîrste geologice absolute, exprimate în ani,

Vîrste geologice absolute pentru roci de pe teritoriului României

Unitate, serie, corpuri eruptive	Localizare	Natura rocii	Nr probe determinate	Vîrste geologice absolute ($T = 10^6$ ani)		
				Sr/Rb	Pb/Pb	K/Ar
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
I. PLATFORMA MOLDOVENEASCĂ						
— Fundament cristalin (arhaic superior)	Iași, foraj	paragnais	2	—	—	1 336— 1 422
	Todireni, foraj	gnais	7	—	—	1 110— 1 593
	Bătrînești, foraj	pegmatit	2	—	—	1 300— 1 500
II. DOBROGEA						
— Fundament arhaic superior — Seria mezo- și epimetamor- fică (rifeian mediu)	Palazu Mare	gnais-	5	—	—	656— 1 853
	Măcin, carieră	granitic micașist	3	—	—	319—420
	Cerna- Florești	cuartit	3	—	—	252—508
	Greci, carieră	cuartit	2	—	—	417—445
	Ceamurlia	micașist	2	—	—	634—711
— Sîsturi Verzi (rifeian infe- rior)	Ceamurlia	șist verde	1	—	—	596
	Mihai Vi- teazu, foraj	șist verde	5	—	—	440—590
	Altin Tepe, foraj	șist verde	5	—	—	143—465
	Tulcea— monument	filit cloritos	2	—	—	474—543
	Poiana, foraj	șist roșu	1	—	—	556
— Formațiuni eruptive — granite	Mircea Vodă	granit	1	—	—	508
	Hamcearca	granit	1	—	—	320
	Pricopan	corneeană și granit	2	—	—	222—264
	Măcin	granit	1	—	—	195
	Cetate					
	Greci- Tuțuiatu	granit	1	—	—	248
	Iacobdeal	granit	4	—	—	210—264
	Piatra Roșie	granit	1	—	—	86
	Săcar Bair	granit	1	—	—	218
	Uzum Bair	granit por- firic, peg- matit	3	—	—	153—306

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
— Porfire triasice	Taşbair-Congaz	granit porfiroid roşu	1	—	—	218
	Cirjelari	porfir	1	—	—	282
	Igliceoara	porfir	1	—	—	223
	Camena	porfir	2	—	—	190—220
III. PLATFORMA MOESICĂ						
— Fundament cristalin	Bordei Verde, foraj	şist	3	—	—	469—516
IV. CARPAȚII ORIENTALI						
— Seria gnaisică de Rarău	planuri falii	micaşist, gnais	14	—	—	227—360
		formațiuni argiloase	7	—	—	124—236
— Seria de Tulgheş		şist cloritic	5	—	—	277—321
— Seria Iacobeni-Vatra Dornei		micaşist	1	—	—	266
— Seria Bistrița-Barnar		amfibolite, cuarțite	4	—	—	136—197
— Seria Bretila-Rarău (precambrian)	V. Gargalău	şist muscovitic	1	—	—	507
	Gemenea	micaşisturi, gnaise	3	—	—	300—419
	Gemenea	filon sulfuri	2	—	300—470	—
	Cirlibaba	filon sulfuri	3	—	180—370	—
	diferite văi	gnais Rebea	14	—	—	110—329
	tunel Aluniş	micaşist	1	—	—	388
	Tulgheş	gnais, micaşist	4	—	—	250—427
	Bicazu Ardelean	gnaise	2	—	—	342—352
	Rodna	gnaise oculare	5	—	—	111—370
	Cirlibaba	gnaise muscovitic	2	—	—	218—310
— Granitoidele de Hăghimaş (precambrian mediu)	Bălan	gnaise ocular	2	—	—	265—281
	Tulgheş	granit porfiroid	4	—	—	413—510
	Bălan	microgranitoid	4	—	—	443—502
	Rarău	gnaise ocular	4	—	—	259—409
	Rodna	şisturi, pegmatite	16	—	—	75—650
— Seria de Rebra-Barnar (precambrian superior)	Blazna	mineralizație sulfuri	2	—	625—670	—

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
	Rodna, galerie	mineralizație polimetalică	4	—	385—599	—
	Gușeț	mineralizație	1	—	60	—
	Rodna, Valea Vinului	șist	1	—	—	226
— Seria de Tulgheș (cambrian inferior)	Dornei	filit	4	—	—	186—430
	Izvoru Mureșului	grafitic	5	—	—	355—422
	Fundu Moldovei	șist sericitic	4	—	—	317—362
	Bălan (Valea Oltului)	cuarțit	6	—	—	500—610
	Bălan-Tulgheș	mineralizație	5	—	—	132—257
	Burloaia	șist tufogen	1	—	—	345
— Seria de Dărmuc (ordovician)	Bicazu Ardelean	șist biotitic	1	—	—	307
— Seria Izvoru Mureșului (carbonifer inferior)	Izvoru Mureșului	șist cu granați	10	—	—	121—196
— Masivul Ditrău	diferite deschideri	sienite, diorite	1	—	—	284
		șist micaceu	1	—	—	128
— Alte erupții		granite	1	—	—	112
Seria de Rarău-Pietrosu		diabaze	2	—	—	70—193
— Munții Vulcanici	Căliman	porfiroide	2	—	—	7,08—
		curgeri andezitice	1	—	—	7,37
	Gurghiu	"	1	—	—	6,08
	Harghita	"	1	—	—	3,92
	Sincrăieni	tufuri vulcanice	2	—	—	4,9—5,0

V. CARPAȚII MERIDIONALI

1. Autohtonul Danubian

— Munții Alma-jului, Seria de Neamț (precambrian)	V. Eșalnița	filit, gnaiss	2	—	—	157—373
	V. Marcovia	gnaiss	1	—	—	294
	V. Iardașița	pegmatit	1	—	—	129
		diorite	2	—	—	127—205
		șist amfibolic	4	—	—	168—305
— Seria de Corbu	V. Iardașița	filit	4	—	—	253—306
		sericitic	2	—	—	253—268
	V. Sfîrdinu	" "				
	V. Eșalnița	filit	3	—	—	172—191
		cuartțitic				

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
— Ogradena (antecaledonian, hercinic?)	Valea Mala	granit	5	256	—	186—335
	V. Eșalnița	granis, micașist	4	266	—	108—247
	V. Manga	granit aplitic	1	—	—	184
		lamprofir	1	—	—	205
	V. Satului	șisturi	3	—	—	184—226
— Granitul de Cherbelezu-	P. Corbului	granit	8	393	—	185—321
	V. Eșalnița	granit	3	376	—	150—210
	P. Pietroasa	granit	8	—	—	268—305
		lamprofire	2	—	—	181—229
		spessartite	2	—	—	168—258
	V. Eșelnița	kersantit	1	—	—	307
— Complexul de șisturi Tere- gova	Teregova,	pegmatit	1	—	—	188
	filon		1	—	—	173
— Masivul gra- nitic Sfirdinu	Teregova	granit	1	354	—	
	V. Iloca					
	Mare	granit	12	332	—	200—359
	V. Iloca					
	Mare	porfiroid	2	—	—	148—162
	V. Sfirdinu	granit	6	354	—	200—372
— Seria de Măru (rifeian inf.)	V. Sebeșu					
	Mare	pegmatit	1	—	—	440
— Muntele Mic (baikalian)	Valea Sebeș	diorit cuar- țifer	6	—	—	290—411
	V. Bolvaș- nița	granodiorit	2	—	—	307—370
	Valea Mare	porfiric	1	—	—	300
	V. Sebeșu	"	3	—	—	207—239
	Mare	"	1	—	—	288
	P. Morilor	"	3	—	—	192—211
	V. Irighiș	"				
— Munții Vulcan (cambrian inferior)	V. Cireșu	granit	1	—	—	546
		porfiric	1	—	—	440
	V. Gilort	"	1	—	—	
	V. Bistri- cioara	granit de	3	—	—	250—327
	V. Jiului	Tismana	3	—	—	218—297
	Novaci,	granit	1	—	—	288
	carieră	porfiric	4	—	—	223—252
	V. Tismanei	granodiorit	5	—	—	249—537
	V. Procuia	"	1	—	—	235
	V. Motru	"				
	Șușița	granitoid	4	—	—	483—524
		echigranu- lar	4	—	—	110—180
— Munții Paring	V. Gilort	granit	1	—	—	215
	Rîncă- Novaci	granit porfiric				

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
— Munții Retezat-Petreanu	Riu Mare, Zăicani Petreanu Rof	cloritoșist gnais șist biotitic	1 4 2	— — —	— — —	89 226—624 154—296
— Sedimente permieni	Șvinița	fracțiune de argilă	10	—	—	80—158
— Roci eruptive laramice	Gîrlești Ciclova	metabazalt porfiric granodiorit	2 2	— —	— —	66—68 67—72

2. Pinza Getică

— Munții Semenicului (precambrian)	V. Tăria-Bozovici V. Craiova-Pirlova V. Breazovița V. Terova Cariera Mehadica V. Văliugului Reșița	paragnais, micașist gnais paragnais paragnais " gnais, micașist gnais micaceu micașist migmatit micașist micașist granitoid complex gnaissic dyke gnaissic	3 6 5 2 1 5 1 2 2 4 3 2 2 1	— — — — — — — — — — — — — 838	— — — — — — — — — — — — — —	375—426 250—425 300—365 300—320 230 155—325 318 260—321 285—313 170—276 175—218 156—177 206—225 206
— Munții Poiana Ruscă						
— Seria de Bătrîna (paleozoic)	V. Bătrîna	șist sericito-cloritos	1	—	—	256
— Seria vulcanogenă bazică (paleozoic)	V. Stîlpului Boul Virful Boul Vadul Dobrei Raci Teliuc-Ghelar	" " minereu de fier șist clorito-sericitos " "	1 1 3 1 1 6	— — — — — —	— — 159—185 — — —	215 315 — 300 256 150—278

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
	Mănăstire	"	1	—	—	172
	Alun	"	1	—	—	226
	Iazuri	"	2	—	—	0—150
	Teliuc	minereu ankeritic galenă	1	—	780	—
	Ruşchiţa	"	1	—	110	—
	Româneşti	filon sulfuri polimetalice	3	—	400— 550	—
— Seria terigenă superioară	Muncelul Mic	şist clorito- sericitos	3	—	—	217—370
Padeş (paleo- zoic)	"	metariolit	2	—	—	239—256
	"	filon cu ga- lenă	4	—	280— 350	—
	"	sulfuri com- plexe	1	—	750	—
	diferite puncte	şisturi	5	—	—	150—234
— Seria mezo- memorfică (paleozoic)	Teregoва	gnais ocular	2	—	—	52—200
— Munţii Sebeş (precambrian)	V. Auşelu	pegmatit, paragnais pegmatit	4	—	—	64—260
	Dobraia	pegmatit	1	—	—	135
	V. Florii- Taia	gnais	1	—	—	343
— Munţii Lotrului	Brezoi	micaşist	3	—	—	223—297
		pegmatit	1	—	—	273
		gnais de Cozia	3	—	—	286—316
— Seria de Valea Mun- telui (Sebeş- Lotru)		gnaise	5	—	—	163—304
— Munţii Cibinului:						
— Seria de Măgura		gnaise	2	—	—	187—290
— Seria Riuşo- rului Călnăţoa- rei		şisturi	3	—	—	261—323
— Subseria de Straza		şisturi sericitice	1	—	—	318
— Seria de Sibişel		gnais musco- vitic	1	—	—	296
— Munţii Făgăraşului	diferite văi	gnaise de Cozia	6	—	—	124—346

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
— Munții Leao- tei și Iezer- Păpușa:						
— Seria de Cumpăna	Masivul Leaota	gnaise de Mitarca	2	—	—	287—288
		granit de Albești	2	—	—	345—477
		amfibolite	5	—	—	162—311
	Masivul Iezer- Păpușa	gnaise	1	—	—	287
		șist	1	—	—	298
		granit de Albești	1	—	—	475
— Complexul seriilor Leao- ta-Lerești- Tâmaș	Masivul Iezer- Păpușa	șist amfibolic	3	—	—	177—352
		granit de Albești	4	—	—	302—475
	Masivul Leaota	șist cloritic	2	—	—	231—256
— Complexul Tâmășel	Masivul Leaota	șist muscovitic	4	—	—	281—317
	Masivul Iezer- Păpușa	fracțiune de argilă șist cuartitic	18 2	— —	— —	162—297 285—320

VI. MUNȚII APUSENI

— Seria de Muntele Mare		pegmatite și granodio- rite	4	—	—	522—547
		pegmatite granitice	6	—	—	89—232
— Seria de Highiș		granit de Highiș	1	—	—	350
— Seria de Păiușeni	Drocea	șisturi	2	—	—	260—327
		phillade	4	—	—	115—145
		cuartzoase	4	—	—	75—115
		metadolerite	7	—	—	302—343
Seria de Codru		granite complex granitoidic	2	—	—	710—780
		pegmatite	6	—	—	296—343
		migmatite	3	—	—	334—354
		hornblendite	3	—	—	303—354
		diorit	2	—	—	196—254
— Granitul de Gilău		pegmatite	3	—	—	156—232
		granite	2	—	—	105—115
		gnais-granit	2	—	—	83—97
— Seria de Biharia		șist sericito- cloritos	1	—	—	181

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
— Seria de Muncel		șist sericitos	2	—	—	106—115
— Seria de Someș		cloritoșist	4	—	—	78—270
		amfibolite	3	—	—	127—202
		micașist	4	—	—	268—381
		pegmatit				
		granitic	2	—	—	90—107
— Seria de Arada		șisturi	2	—	—	49—111
— Seria de Arieșeni		porfiroid	2	—	—	164—204
— Seria de Bistra		fracțiune argiloasă	8	—	—	76—143
		sericit	3	—	—	81—92
		fracțiune argilă	2	—	—	97—109
— Seria de Șiria		pegmatit				
		granitic	6	—	—	121—266
		granodiorit	3	—	—	172—209
— Roci sedimentare permieni		fracțiune de argilă	9	—	—	74—136
		șist cloritos	3	—	—	121—151
		metariolite	1	—	—	130
		metadolerite	2	—	—	68—108
		metabazalt	1	—	—	91
— Roci eruptive laramice	Băița	granodiorite	8	—	—	66—73
		metabazalt	5	—	—	61—75
		porfirite ș.a.	4	—	—	61—73

VII. ROCI CARBONATATE RECENTE

Carpații Orientali	Cămin	Cămin		Ra ²²⁶ (ani)	metoda vitezei de depunere (ani)
	Cămin	tufuri calcaroase	1	280	—
	Cămin	"	5	670—5200	—
	Cămin	idem, baza colinei	2	—	24 000 ±3600

pentru roci carbonatate recente (travertinuri). Ele au fost obținute cu metodele Ra²²⁶ și a „vitezei de depunere“ (Gh. Atanasiu, 1966). În felul acesta, este ușor de constatat că întinderea „timpului geologic“ al rocilor studiate, exprimat în vîrste absolute, este cuprins între ceva mai puțin de 2 miliarde de ani (nici jumătate din vîrsta geologică a scoarței terestre), pentru cea mai veche rocă și circa trei secole înapoi, pentru cea mai

tinăra. Toți cercetătorii sînt de acord în a afirma că rocile cele mai vechi, ca multe altele din întreaga scară geologică, au o viață geologică mult mai îndelungată de la formarea lor, și că vîrstele izotopice determinate reprezintă doar intervalul scurs din momentul ultimului eveniment geologic de mare importanță pe care l-au trăit și că transformările intime pe care le-au suportat cu această ocazie le-a oferit o „tinerețe” de „tip chirurgical”.

— Vîrstele izotopice cele mai mari corespund rocilor metamorfice deschise prin foraje în Platforma Moldovenească (1422 mil. ani) și în Dobrogea, la Palazu Mare (1853 mil. ani). În ambele cazuri, geologii consideră că rocile s-au format în arhaicul superior, dar că au fost „întinerite” sau „regenerate” de orogeneza proterozoică medie.

— Stivele de roci mai tinere din Dobrogea centrală (zona Șisturilor Verzi) și din Dobrogea de nord (zona paleozoică a Măcinului și zona triasică a Tulcei), date foarte diferit prin vîrste relative de numeroșii geologi care le-au studiat, sînt deplasate în trecut de vîrstele izotopice determinate, la „momentele” marilor prefaceri de natură orogenică pe care le-au suportat. Astfel, vîrstele absolute obținute pentru teritoriul Dobrogei, acest muzeu geologic natural, cum îl numesc geologii, reprezintă succesiunea evenimentelor geologice mari care au frămîntat local scoarța terestră. În Dobrogea centrală, evenimentul major care a provocat metamorfozarea Șisturilor Verzi, a fost orogeneza assyntică sau baikaliană (542—596 mil. ani). Șisturile Verzi stau pe un fundament mezometamorfic, deschis la zi în anticlinoriul Altin Tepe-Ceamurlia, mult mai vechi (634—711 mil. ani). Teritoriul Dobrogei de nord, segment al catenei hercinice, deși are același fundament metamorfic ca Dobrogea centrală, datările în vîrste absolute sînt mult mai mici (390—556 mil. ani), ca urmare a fazelor retromorfice pe care le-a suportat, întinerindu-l.

Deosebit de importantă este și geocronologia absolută a erupțiunilor din Dobrogea de nord. Rocile granitice au fost date cu vîrste relative în funcție de depunerea formațiunii de Carapelit. Vîrstele izotopice stabilesc următoarea succesiune: anterioare formațiunii de Carapelit sînt granitele de Mircea Vodă (508 mil. ani) și Ham-

cearca (320 mil. ani), asociate orogenezei hercinice vechi, în timp ce granitele de Pricopan (266—222 mil. ani) și de Măcin (95 mil. ani) sînt evident întinerite; posteriore formațiunii de Carapelit sînt granitele de Greci (248 mil. ani), Iacobdeal (229—264 mil. ani), asociate orogenezei hercinice tîrzii, în timp ce granitele din zona Tulcea (218—306 mil. ani) sînt ceva mai tinere, antetriasice. Rocile porfirice din lungul dislocației Peceneaga-Camena (G_2) sînt de vîrste diferite: antetriasice, cele de la Cîrjelari (282 mil. ani) și triasice, cele de la Camena (190—220 mil. ani) și Iglicioara (233 mil. ani).

— Puținele vîrste izotopice din Cîmpia Română (469—498 mil. ani), provenite din forajele de la Bordei Verde (la est de Făurei), situează momentul major al rocilor șistoase cu aspect de șisturi verzi, întîlnite la adîncimi de 2300—3000 m, în intervalul cuprins între finele orogenezei baikaliene și începutul ordovicianului.

— Vîrstele izotopice din Carpații Orientali se referă la: roci din zona polimetamorfică cristalino-mezozoică și la roci din unele mase eruptive asociate acestui segment muntos.

În ceea ce privește zona polimetamorfică cristalino-mezozoică, atenția cercetătorilor a fost îndreptată, pînă în prezent, la seriile precambriene de Bretila-Rarău și de Rebra-Barnar, precum și la seriile paleozoice de Tulgheș, de Dămuc și de Izvoru Mureșului.

Seria de Bretila-Rarău (răspîdită în Maramureș și zonă Rarău) preponderent mezometamorfică, conține rocile cele mai vechi cunoscute pînă în prezent în Carpații Orientali. Polimetamorfismul lor a fost instaurat de numeroase faze orogenice care le-au reluat succesiv din proterozoic, prin hercinic, pînă în alpin. O singură vîrstă (507 mil. ani) indică prezența orogenezei intracambriene; majoritatea (263—281 mil. ani) corespund fazelor orogenezei hercinice, iar cele mai reduse sînt o consecință directă a procesului polimetamorfic suportat. Granodioritele de Hăghimaș, considerate de vîrstă precambrian-medie, au fost întinerite progresiv de regenerările ulterioare, baikaliene și mai noi (510, 502, 446 și 413 mil. ani). Seria de Rebra-Barnar (situată în munții Rodnei, Bistriței și Giurgeului), preponderent mezometamorfică, cumulează transformările a două faze de metamorfism: baikaliene (595—650 mil. ani) și alpine (103—226 mil.

ani). Seria de Tulgheș, cea mai dezvoltată în zona cristalină, preponderent epimetamorfică, cumulează transformări de la finele caledonianului (397—430 mil. ani), din orogeneza hercinică (în jur de 350 mil. ani) și din cea alpină (sub 200 mil. ani). Seria de Dămuc, așezată peste seria de Bretila-Rarău (în Munții Hăghimaș), avînd caracter mezometamorfic instalat pe un fond inițial epimetamorfic, păstrează prin vîrstele absolute (413—422 mil. ani) semnale ale unor mișcări caledoniene. Seria de Izvoru Mureșului (în Munții Giurgeului) — aflată între seria Rebra-Barnar, în bază și seria de Tulgheș, deasupra — păstrează preponderent semnale ale orogenezei hercinice medii (în jur de 300 mil. ani).

Vîrstele absolute determinate pentru unele minereuri din zăcămintele metalifere din zonă sînt în majoritatea cazurilor mai ridicate decît cele ale rocilor metamorfice în care se găsesc. În aceste cazuri, este demonstrată existența lor anterioară momentelor de metamorfism inițial sau de regenerare a rocilor gazdă.

Vîrstele izotopice obținute pentru complexe petrografice ale Masivului Ditrău (95 mil. ani, diorite; 121—145 mil. ani, sienite și granodiorite; 152 mil. ani, nefelinsienite) arată derularea fenomenului de diapirism al masei intrusive (din jurasicul mediu în cretacul inferior), printr-un cristalin ce conservă semnalele metamorfismului hercinic (carbonifer superior). Puținele vîrste absolute determinate pe eşantioane din curgeri andezitice ale masivelor Căliman, Gurghiu și Harghita sau pe tufuri vulcanice din Depresiunea Ciucului, cuprinse între 7,37 și 3,92 mil. ani, punctează activitatea vulcanismului neogen în intervalul miocen-pliocen și migrarea erupțiilor din nord (circa 7 mil. ani) spre sud (circa 4 mil. ani).

— Vîrstele geologice, absolute din Carpații Meridionali se referă la roci din cuprinsul Autohtonului Danubian și din Pinza Getică.

Obiectivul principal urmărit în domeniul Autohtonului Danubian a fost stabilirea raporturilor dintre momentele punerii în loc a principalelor masive granitoide și masele cristalofiliene pe care le-au străpuns. Ultra-schematizarea le urmărește de la vest spre est.

Munții Almaajului sînt constituiți din seriile cristaline de Neamț și de Corbu, aparținînd la geosinclinale

precambriene, străpunse parțial, după metamorfozarea lor, de masivele granitoide Ogradenă, Cherbelezu și Sfîrdinu. Vîrstele K/Ar nu pot data metamorfismul inițial, acesta fiind șters de orogeneza hercinică (306—373 mil. ani). Vîrstele mai mici de 200 mil. ani sînt o urmare a temperaturilor mari degajate de corpurile granitoide și care au alungat în atmosferă, inegal, argonul radiogenic din rocile cristaline, întinerindu-le. Vîrstele relative ale corpurilor granitoide, foarte controversate în interpretările geologice date, sînt clarificate de vîrstele izotopice, astfel : vîrstele mai mari corespund masivului Sfîrdinu (359—372 mil. ani), ce corespund începutului orogenezei hercinice ; masivele Cherbelezu și Ogradena, mai tinere (305—335 mil. ani), au fost puse în loc tot spre finele orogenezei hercinice. Filoanele de lamprofire au străpuns granitele în timpuri mai recente (168—258 mil. ani), în timp ce vîrstele izotopice ale fracțiunilor de argilă de pe planele de falii (80—158 mil. ani) argumentează tinerețea relativă a dislocațiilor care intesectează deopotrivă cristalinul și granitoidele.

O situație asemănătoare o prezintă și granitoidul de Muntele Mic, considerat sinorogen ciclului baikalian, dar care a fost supus la mișcări tectonice ulterioare, hercinice și alpine. Seria de Măru, de vîrstă rifeian inferior, străpunsă de granitoide, ar reprezenta baza cristalinului danubian, iar pegmatitele care îl injectează, au venit mai recent, spre finele caledonianului (440 mil. ani). Omogenizarea vîrstelor seriilor granitoide s-a produs tot spre sfîrșitul caledonianului (365—411 mil. ani), ulterior ridicării plutonului Muntele Mic (445 mil. ani). Compartimentarea plutonului a avut loc în orogeneza hercinică (în jur de 300 mil. ani), iar falierea lui secundară, în timpul mișcărilor mai noi, alpine (în jur de 200 mil. ani).

În munții Parîngului și Vulcanului, granitoidele sînt reprezentate prin masivele principale Șușița, Tismana și Gilort-Novaci. Granitoidele au fost mult cercetate și pasionat controversate ca origine și moment de intruziune. Vîrstele izotopice propun următoarea clarificare, admitînd vîrsta precambriană pentru seria cristalină de Lainici-Păiuș : intruziunile granitoide s-au produs în succesiune relativ îndelungată, cel de la Șușița, probabil asociat orogenezei baikaliene ; cel de Tismana, în cursul

cambrianului ; cel de Gilort-Novaci, ceva mai târziu, dacă nu cumva toate au fost puse în loc odată și doar ulterior li s-au impus întineriri diferențiate. Majoritatea vîrșelor izotopice arată momente de întinerire în orogeneza hercinică (250—327 mil. ani) ; cele alpine (mai mici de 200 mil. ani) afectînd mai intens granitoidul de Gilort-Novaci.

În munții Petreanu-Retezat, puținele vîrșe izotopice determinate justifică următoarea succesiune : migmatizarea gnaisului granitic de Petreanu a avut loc, probabil, spre sfîrșitul precambrianului, în orogeneza baikaliană (624 mil. ani) ; aceasta implică vîrșta precambriană pentru seriile cristaline de Rof, Rîușorul, Zărcani-Drăgșanu, precum și pentru migmatizarea gnaisului de Furcătura. Întinerirea rocilor s-a produs atît în orogeneza hercinică (între 200 și 300 mil. ani), dar mai ales în orogeneza alpină (sub 200 mil. ani), datorită șariajului Pinzei Getice.

Ca observație generală, este de reținut că Autohtonul Danubian este singurul domeniu din Carpații Meridionali unde s-au păstrat vîrșe izotopice K/Ar prehercinice, în ciuda reluării lui de orogenezele ulterioare, hercinică și alpină.

Pinza Getică a constituit primul domeniu carpatic, pentru care s-au efectuat datări K/Ar. În prezent, dispunem de date începînd din vest, Munții Semenicultui, pînă în est, Masivul Leaotei.

Munții Semenicultui sînt constituiți în principal din roci metamorfice precambriene, cutate spre sfîrșitul proterozoicului inferior. Vîrșele K/Ar nu păstrează semnale nici pentru metamorfozarea inițială și nici pentru prima lor cutare. Cele mai vechi vîrșe izotopice se referă la întineriri produse spre sfîrșitul caledonianului (420—426 mil. ani) ; majoritatea lor atestă regenerări intense operate de orogeneza hercinică (250—375 mil. ani) ; destul de frecvente sînt și întineririle cauzate de mișcările tectonice alpine (sub 200 mil. ani).

Vîrșele absolute determinate pentru Munții Poiana Ruscă se referă la roci din seriile cristalinului epizonal, provenite din depozitele terigene paleozoice metamorfizate de orogeneza hercinică (în jurul datei de 320 mil. ani), ulterior puternic și inegal regenerate de orogeneza alpină (sub 150 mil. ani). Datările izotopice cu Pb pe mineralizații cu galenă din zăcămintele regiunii cu

aceeași metalogeneză premetamorfică, oferă valori mari pentru Muncelul Mic, Românești și Teliuc, față de vîrsta lor reală (300—340 mil. ani), datorită contaminării anormale cu Pb radiogenic.

Munții Sebeșului sînt formați din roci cristaline provenite, probabil, dintr-un domeniu preproterozoic-superior, metamorfozat de orogeneza hercinică (indicată de puține valori K/Ar relict, în jur de 343 mil. ani), puternic regenerat de orogeneza alpină (sub 150 mil. ani).

Probleme de interpretare și discuții, nu lipsite de interes, au provocat vîrstele izotopice din munții Lotrului și Cibinului, în special cele corespunzătoare rocilor din seriile Măgura, Riușorul Cislădioarei, Sibișel și subseria de Streaza. Astfel, seriile mai vechi din punct de vedere stratigrafic (de Măgura și Valea Muntelui) au vîrste K/Ar mai mici (187—290 mil. ani), decît cele metamorfizate în baikalian (seria de Sibișel). Neconcordanțele dintre vîrstele stratigrafice și cele izotopice, provenite din îndepărtarea argonului radiogenic, marchează etapele de întinerire succesivă din hercinic și alpin.

Vîrstele izotopice din Munții Făgărașului se referă numai la gnaisele oculare : pentru tipul gnaiselor de Cozia, valorile oscilează între 326 și 124 mil. ani (semnale ale orogenezelor hercinică și alpină), iar pentru cele de Cumpăna se ajunge pînă la 346 mil. ani (preponderent hercinice).

Vîrste izotopice mai numeroase și mai sistematic analizate sînt cele obținute pentru roci din munții Iezer-Păpușa și Leaota, aparținînd seriilor metamorfice de Cumpăna și de Leaota (aceasta fiind constituită din două complexe : Lerești-Tămaș și Tămășel, separate printr-o discordanță metamorfică). Seria de Cumpăna și complexul de Lerești-Tămaș sînt traversate de corpurile filoniene ale granitului de Albești. Majoritatea vîrstelor K/Ar pentru rocile metamorfice (281—345 mil. ani), dezvăluie semnalele orogenezei hercinice ; vîrstele K/Ar pentru granitele de Albești (grupate în jur de 470 mil. ani), indică fazele orogenice caledoniene. Vîrstele K/Ar pentru complexul de Tămășel arată un moment important al metamorfismului hercinic, dar și întineriri produse de mișcările tectonice alpine. Întinerirea alpină este indicată și de vîrstele izotopice ale fracțiunilor de ar-

gilă din umplutura cîtorva falii din regiune (grupate în jurul valorii de 180 mil. ani).

Munții Apuseni, alt muzeu geologic natural, oferă un cîmp vast geocronologiei absolute. Primele datări absolute au servit, alături de alte criterii geologice, la separarea în trei mari grupe a formațiunilor cristaline din Munții Apuseni: prerifeene (în jur de 800 mil. ani), rifeene (522—527 mil. ani) și paleozoice (260—350 mil. ani), fiecare corespunzînd la trei cicluri tectonomagmatice (prebaikalian, baikalian și hercinic). În lumina acestor date, se schițează următoarea succesiune a evenimentelor geologice: seriile cristaline de Biharia, Muncel și Arada prezintă semnalele conservate ale ciclului metamorfic cel mai vechi (peste 500 mil. ani); intruziunea granitoidului de Codru s-a produs în intervalul cuprins între 500 și 350 mil. ani (mai curînd la începutul orogenezei hercinice, acum 350 mil. ani); vîrsta granitului de Gilău, pus în loc în seria mezometamorfică de Someș, corespunde unor faze finale ale orogenezei hercinice (288 ± 35 mil. ani); granitul de Muntele Mare (522—547 mil. ani) și granitoidele de Șiria sînt intruziuni hercinice, parțial întinerite de evenimentele termice ulterioare (89—266 mil. ani); seria de Păiușeni, în care se disting două faze ale metamorfismului hercinic și sedimentele permiane sînt străpunse de dyke-uri de dolerite și bazalte (130 mil. ani); granodioritele și bazaltele laramice au fost puse în loc în intervalul 75—61 mil. ani. Intruziunea rocilor laramice a fost însoțită de un puternic eveniment termic care a întinerit vîrstele K/Ar al granitului de Gilău, seriei mezometamorfice de Someș și seriilor epimetamorfice de Bistra, Muncelu, Arada, Arieșeni și Păiușeni. Vîrstele K/Ar pentru fracțiunile de argilă colectate de pe planuri de falii care intersectează seria de Arieșeni, sînt cuprinse între 76—143 mil. ani, ceea ce sugerează marea mobilitate pe care au avut-o încă înainte de punerea în loc a erupțiilor banatitice.

Datele tabelului 6 și comentariile comprimate care îl succed sînt doar un preludiv la ceea ce va reprezenta în viitorul apropiat contribuția geocronologiei absolute la descifrarea și la cunoașterea istoriei geologice a subsolului teritoriului României.

3.7. Cîmpul geotermic devenit obiectiv prioritar

Mărimi măsurate și scopul determinărilor geotermice. Primele două lucrări de geotermie publicate au astăzi un caracter pur istoric : prima se referă la determinarea valorii treptei geotermice la București, prin măsurători de temperaturi executate în sonda de la Filaret (D. Bungețeanu, 1910); a doua a urmărit cunoașterea regimului de distribuție a căldurii interne în cîteva structuri petrolifere din Subcarpații Munteniei și Moldovei (I. Tănăsescu, 1912).

Introducerea termocarotajului în practica geofizicii, de sondă, a reprezentat, alături de rezolvări practice imediate și o înviorare substanțială a interesului pentru cunoașterea distribuției energiei geotermice în zone mai adînci ale subsolului românesc. Aplicațiile practice ale termocarotajului sînt multiple : pe de o parte, oferă posibilitatea cunoașterii cîmpurilor termice naturale și artificiale din orizonturile geologice străbătute de foraj, necesară rezolvării unor probleme de explorare geologică (determinarea naturii litologice a stratelor deschise de sondă ; determinarea naturii fluidelor conținute de stratele poroase și permeabile în sonde tubate și netubate ; evidențierea zonelor cu substanțe minerale utile ca sarea gemă, cărbunii, sulfurile etc., iar în cazul sondelor adînci și foarte adînci, cunoașterea condițiilor de zăcămint a substanțelor minerale utile la temperaturi și presiuni ridicate ș.a.), iar pe de altă parte, ajută la rezolvarea unor probleme ale tehnicii forajului (determinarea nivelului de ciment din spatele coloanei tubate ; controlul circulației fluidelor din spatele coloanei tubate și cimentate ; localizarea zonelor de aflux al apei și gazelor de sondă etc., iar pentru forajul adînc, informații asupra comportării utilajelor la temperaturi mari și la stabilirea condițiilor optime pentru tehnica forajului adînc etc.).

Termometria de sondă a cumulat un volum considerabil de informații în legătură cu distribuția căldurii de la suprafață pînă la adîncimile atinse de foraje. Ele cer o valorificare complexă pe plan fundamental. Distribuția căldurii interne a Pămîntului în părțile superioare ale litosferei, ca rezultat al tendinței acesteia de a migra spre exterior și de a evada în atmosferă, este

o chestiune legată de conductivitatea termică a rocilor. Cunoaşterea diferenţierilor în distribuţia energiei geotermice, înseamnă, în ultimă instanţă, o contribuţie la descifrarea structurilor geologice mari, mai adânci sau mai puţin adânci. Or, determinarea în condiţii cât mai bune a regimului termic al structurilor majore din subsolul teritoriului României, reprezintă o contribuţie de prim rang pentru descifrări geodinamice ce au avut loc, se produc sau se pregătesc în litosferă. Este un orizont spre care şi-au îndreptat privirile unele lucrări recente de sinteză.

Prospecţiunea geotermică la sol şi în lucrări subterane, recent înviorată, şi-a descoperit numeroase posibilităţi de utilizare, fie la localizarea zăcămintelor de ape termale ajunse în vecinătatea solului, fie pentru a limita locul de concentrare a sulfurilor metalice (prin conturarea aureolelor termice generate de căldura eliberată de fenomenul oxidării).

Teledetecţia în infraroşu. Teledetecţia în infraroşu este un caz particular, dar cel mai dezvoltat, al teledetecţiei în general. Poziţia sa alăturată prospecţiunii geotermice este conferită de aspectul geotermic al factorului care o comandă, temperaturile de la suprafaţa Pământului. Precizia de măsurare a temperaturii solului a ajuns pînă la o zecime de grad, ceea ce permite elaborarea de hărţi termice foarte precise.

Prin teledetecţie (= remote sensing) se înţelege ansamblul de tehnici de observare şi înregistrare selectivă sau globală, într-o aeronavă sau satelit, a radiaţiilor electromagnetice emise sau reflectate pe suprafaţa Pământului. Cum radiaţiile electromagnetice au un spectru foarte larg — convenţional sînt împărţite în următoarele zone sau domenii: ultraviolete (sub $0,4\mu$), vizibile ($0,4-0,75\mu$), infraroşii ($0,75-1$ mm) şi microunde ($1\text{mm}-1\text{m}$) —, înregistrarea lor se face la foarte mari altitudini prin forme şi sisteme deosebit de variate (fotografierea în domeniul vizibil sau infraroşu apropiat, cu filme alb-negru sau color; sisteme de televiziune; sisteme de baleiere multispectrale; radiometrie cu microunde; sisteme radar ş.a.). Înregistrarea, de fapt fotografierea aeriană, foloseşte doar radiaţiile pentru care atmosfera este transparentă. Condiţia este satisfăcută de radiaţiile electromagnetice din domeniul vizibil, de ra-

diatiile calorice din domeniul infraroșu și de un spectru relativ larg de microunde.

Metodele de teledetecție pot fi *pasive* sau *active*. Sînt pasive cînd recepționează radiațiile care vin în mod natural de la obiectul cercetat, generate de acesta sau radiațiile solare reflectate de el; sînt active cînd radiațiile sînt controlate de operator, le emite printr-un dispozitiv care zboară cu el, sînt reflectate de Pămînt și recepționate de instrumentul sensor de la bordul aceleiași aeronave.

Teledetecția se bazează, din punct de vedere fizic, pe faptul că fiecare corp cu o temperatură mai mare decît zero absolut (0°K), absoarbe, emite, reflectă sau difuzează radiații electromagnetice pe lungimi de undă proprii lor. Este ceea ce le caracterizează și le diferențiază. Captarea și înregistrarea radiațiilor emise sau difuzate de un corp, într-un anumit domeniu spectral, conduce la obținerea de informații asupra dimensiunilor, compoziției, temperaturii și altor proprietăți ale sale. Această capacitate a undelor electromagnetice conferă teledetecției calitatea de a obține informații despre stările și procesele care au loc pe suprafața solului și apelor, în subsolul apropiat și în atmosferă, aplicațiile sale fiind numeroase și variate în geologie (cartări geologice, evidențierea de noi zăcăminte de minerale utile sau a direcțiilor de extindere a celor cunoscute, de zone noi cu potențial petrolifer, de ape subterane termale, localizări de elemente structurale, stabilirea stării de compactizare și de stabilitate a solului etc.), în agricultură și silvicultură (inventarierea terenurilor arabile, starea de eroziune a solurilor, umiditatea acestora și necesitatea irigațiilor, prognozarea recoltelor, controlul zonelor atacate de paraziți sau de insecte dăunătoare etc.), în oceanografie și resurse marine (studiul dinamicii coastelor marine, supravegherea producției mărilor prin plancton, bancuri de pește etc.), în geografie și urbanistică (întocmirea rapidă a hărților topografice, controlul poluării mediului ambiant, bilanțul energetic și caloric al orașelor, evaluarea rapidă a numărului și densității populațiilor, urmărirea inundațiilor și catastrofelor naturale etc.) ș.a.

Deși aceste tehnici nu sînt încă practicate la noi în țară, le pomenim totuși, deoarece fotografierea terito-

riului României, realizată de alții, a declanșat o adevărată campanie de fructificare complexă a înregistrărilor de teledetecție obținute, în cadrul mai multor unități de profil interesate.

Primele programe de teledetecție, inițiate în jurul anilor 1960, au fost executate cu măsurători din avioane și baloane. În prezent, se derulează un vast program de teledetecție cu ajutorul sateliților de teledetecție. Primul satelit — denumit inițial ERTS-1, apoi LAMD-SAT-1 —, care înconjoară Pământul în 100,3 minute, a fost lansat în SUA, la 23 iulie 1972, pe o orbită polară aproape circulară, la 914 km altitudine. El este echipat cu trei camere de televiziune cu start memorie, fiecare operînd cu 4400 de linii, la un ciclu de 25 secunde, înregistrînd concomitent suprafețe de 185×185 km, precum și cu un dispozitiv de înregistrare prin baleiere multispectrală care memorează în patru benzi spectrale (ultima, în infraroșu apropiat). Imaginile pot fi transmise direct stațiilor de recepționare și prelucrare de pe Pământ sau pot fi înregistrate într-o memorie de mare capacitate, pentru a fi difuzate acestora ulterior. Înregistrările simultane în această combinație asigură surprinderea unui mare număr de stări și schimbări la suprafața terestră, neperceptibile în lumina obișnuită. Combinația electronică a două sau trei benzi spectrale asigură obținerea de fotografii color compuse. Culoarele de pe fotografii nu sînt cele naturale (de exemplu: vegetația apare în roșu; apele, în negru sau în albastru închis; arăturile proaspete, în cenușiu-negru etc.). Mișcarea satelitului pe orbită asigură revenirea la fiecare 18 zile deasupra aceleași zone și la aceeași oră din zi, cînd lumina solară cade sub unghiuri practic asemănătoare. În intervalul de 18 zile, satelitul acoperă odată, cu înregistrări, întreaga suprafață a planetei. Revenirea la intervale egale deasupra fiecărei zone, creează posibilitatea urmăririi fenomenelor variabile în timp (de exemplu: creșterea plantelor etc.). Pentru reducerea intervalului la 9 zile, a fost lansat la 22 ianuarie 1975 al doilea satelit, cu indicativul LAMDSAT-2, pe o orbită polară la aceeași altitudine cu LAMDSAT-1, dar la 180° decalaj de fază. Reducerea ciclului de înregistrare de la 18 la 9 zile, mărește considerabil interesul pentru numeroase aplicații, în special cele care privesc agri-

cultura (urmărirea creșterii și evoluției vegetației, apariția dăunătorilor, estimarea productivității recoltelor etc.). În anul 1977 a fost lansat cel de-al treilea satelit de teledetecție (LAMDSAT-3), proiectat cu o aparatură mult mai complexă și eficace.

Un program de teledetecție, foarte diversificat, compus din 132 experimentări referitoare la 12 categorii de obiective, a fost executat de echipajele laboratorului spațial Skylab-3. Cele asociate interesului geologic au fost încununate de succes, astronauții anunțând cu satisfacție descoperirea cu ajutorul tehnicilor detecției în infraroșu, a unor zone de ape termale și petrolifere, în Florida ș.a.

Ce și cât cunoaștem despre distribuția energiei geotermice în subsolul teritoriului României. Primul tablou cu privire la repartitia energiei geotermice în subsolul teritoriului României, pentru adâncimea de —2000 m, este de dată relativ recentă⁸⁴, și continuă să rămână singurul reper de referință generală în acest domeniu. Acest studiu se bazează pe analiza și sistematizarea informațiilor de termometrie de sondă, oferite de circa 4000 de foraje executate pe structuri de interes economic, în intervalul 1948—1968. Ne folosim de datele pe care le conține, pentru a schița, în figura 47, zonele de pe teritoriul țării pentru care, la adâncimea de —2000 m, temperaturile prezintă distribuții anormale pozitive, importante din punctul de vedere al energiei geotermice pe care o pot oferi consumului.

Acceptând pentru treapta geotermică valoarea normală de 33 m/1°C, într-o simplificare cu totul generală, temperatura normală la —2000 m adâncime este de circa 60°C. Grupele de sonde în care temperaturile sînt mai mari de 60°C, conturează *volume* geologice cu surplus de energie geotermică. Surplusul cel mai mare se află în subsolul Cîmpiei de Vest, unde temperaturile ating, local, 140°C. Următoarea zonă anomală importantă prin extinderea și valorile cunoscute este aceea din vestul Munteniei și din Oltenia. Incert delimitată spre nord și deloc schițată spre sud, prezintă două arii (Videle—Sla-

⁸⁴ NEGOIȚĂ V., *Étude sur la distribution des températures en Roumanie*, Rev. roum. géol., géophys. géogr., Série de Géophysique, 14, 1, 25—30, Bucarest, 1970.

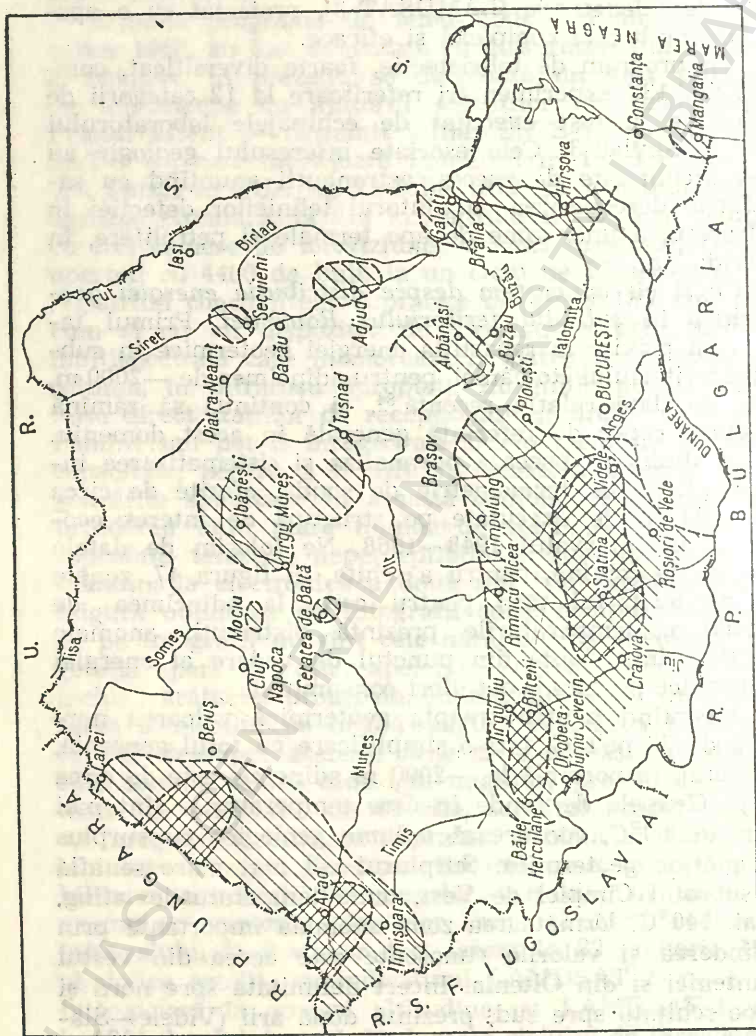


Fig. 47. Zone anormale insuficient conturate pentru distribuția energiei geotermice, la adîncimea de —2000 m, în subsolul teritoriului României (prelucrare cu date din lucrarea V. Negoită, 1970).

tina—nord Craiova și Bilteni—Băile Herculane) pentru care temperaturile ajung la peste 90°C. De perspectivă se conturează și zona anomală din partea vestică a lanțului vulcanic Căliman—Harghita, insuficient cunoscută încă, cu temperaturi ce nu depășesc 85°C. De interes local sînt și zonele anormale de la Mangalia, Hîrșova—Brăila, din fața curburii Carpaților Orientali (Bisoca—Arbănași), cele din Moldova de mijloc de la Adjud și Secuieni, precum și cele din Depresiunea Transilvania de la Cetatea de Baltă și Macia.

Pe majoritatea acestor zone geotermic anormale se găsesc cele 29 de emergențe naturale de ape termale și termominerale. Astfel, pe aria anomaliei de pe Cîmpia de Vest, se cunosc cele de la Băile Felix și Băile 1 Mai (42°C), Dălgîu și Valcău (24°C), Popești (24°C), Răbăgeni (23°C), Moneasa (20—36°C), Timișoara (25°C), Ciclova (20—36°C); pe anomalia din vestul Munteniei și Depresiunea Getică, cele de la Bala (37°C) și Băile Herculane (56°C); pe zona anomală din nord-estul Cîmpiei Române, la Topalu (26°C), Capidava (24°C), Hîrșova (37°C) și Vadu Oii (38°C); la curbura Carpaților Orientali, cele de la Siriu (31°C), iar pe zona anomală a Munților Vulcanici, cele de la Biesad (23°C), Tușnad (21°C), Miercurea Ciuc (21°C), Racu (21°C), Dănești (23°C), Corund (19°C), Toplița (26°C). Sînt de semnalat și apele termale de la Mangalia (22°C) și din partea sudică a Munților Apuseni, la Călan (29°C), Geoagiu (34—36°C), Rapolt (15—22,5°C) și Vața de Jos (38—39,5°C).

Emergențele prin deschidere cu sonde, din orizonturi acvifere adînci, situate între 30 și 2500 m, sînt mult mai numeroase. Temperaturile apelor sînt foarte diferite de la o unitate geologică la alta, adesea chiar pentru adîncimi comparabile. Enumerăm, în continuare, în ordinea citată, a zonelor geotermic anormale, localitățile cu sondele și temperaturile apelor exploatate.

Cîmpia de Vest și Munții Apuseni : Satu Mare (62°C), Carei (54°C), Movilița (40°C), Calacea (39°C), Timișoara (52°C), Arad (32°C), Ceavaș (70°C), Moneasa (32°C), Vața de Jos (39,5°C) și Geoagiu (36°C). Numai pe teritoriul județului Bihor, 37 sonde debitează ape termale cu temperaturi cuprinse între 25 și 89°C (de exemplu : grupul Oradea, 65—89°C; grupul Felix—1 Mai, 33—51°C; grupul Tămășeni—Sînnicolau de Munte—

Ciocaia—Secuieni—Marghita, 49—84°C). Pe suprafața aceluiași județ au fost întâlnite ape termale cu temperaturi cuprinse între 30 și 92°C, în alte 36 sonde săpate pentru hidrocarburi, dar care au fost cimentate sau abandonate.

Carpații Meridionali și Depresiunea Getică : Băile Herculane (62°C), Mehadia (32°C), Țicleni (85°C), Bala (33°C) și Căciulata (54°C).

Dobrogea, estul Cîmpiei Române și curbura Carpaților Orientali : Mangalia (26°C), Giurgeni—Vadu Oii (38°C), Însurăței (45°C), Icoana (50°C), Birla (68°C), Sîrriu (26°).

Munții Vulcanici : Toplița (26°C), Mădăraș (29°C), Tușnad (22°C) și Praid (60°C).

Între volumele geotermic anormale pozitiv, se găsesc volume cu temperaturi distribuite în regim normal, precum și volume cu mult sub valoarea normală la adîncimea de —2000 m. Astfel, pe Cîmpia Română, la est de meridianul geografic București, temperaturile coboară pînă la 35°C. Temperaturi scăzute au fost măsurate pe teritoriul Moldovei de nord (45—55°C).

Cîmpia de Vest a țării oferă cea mai detaliată cunoaștere a distribuției energiei geotermice în partea sud-estică pentru două perimetre locale și pentru adîncimea de —2000 m. Astfel, pe Cîmpia Română, la est de meridianul geografic București, temperaturile coboară pînă la 35°C. Temperaturi scăzute au fost măsurate pe teritoriul Moldovei de nord (45—55°C).

Cîmpia de Vest a țării oferă cea mai detaliată cunoaștere a distribuției energiei geotermice în partea sud-estică pentru două perimetre locale și pentru adîncimea de —2000 m. Astfel, pe Cîmpia Română, la est de meridianul geografic București, temperaturile coboară pînă la 35°C. Temperaturi scăzute au fost măsurate pe teritoriul Moldovei de nord (45—55°C).

⁸⁵ AIRINEI ȘT., PRICAJAN A., *Cadru conceptual pentru investigarea complexă a termalizării apelor din Cîmpia de Vest a României*, Vol. lucr. „Sesiunii științifice a Facultății de geologie și geografie” (18—19 decembrie 1975), Centr. multip. Univ. București, 1976.

⁸⁶ STEGENA L., *Geothermics and tectonogenesis in the Pannonian Basin*, Acta geol. Acad. Scient. Hung., 18, 3—4, 257—266, Budapeșt, 1974.

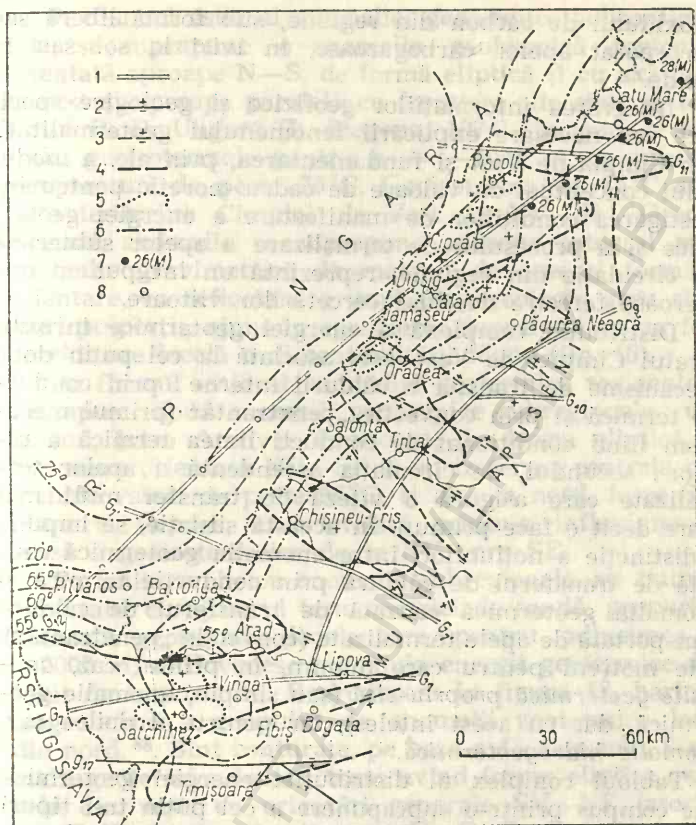


Fig. 48. Harta Cîmpiei de Vest a României cu elemente fizico-geologice ale scoarței terestre privind geotermalitatea (după Șt. Airinei, A. Pricăjan, 1976):

1, aliniamente ale cîmpurilor de fracturi crustale (G_1); 2, aliniamente ale fracturilor regionale (G_2); 3, aliniamente ale fracturilor locale; 4, anomalii magnetice pozitive reflectînd prezența maselor vulcanice intrusive pre-neogene și neogene; 5, anomalii geotermice locale (pentru adîncimea -2000 m); 6, izocheme regionale (pentru adîncimea -1000 m); 7, adîncimi la discontinuitatea Moho; 8, emanații de CO_2 din sonde.

și pentru înțelegerea mecanismului de termalizare a apelor de circulație subterană care vehiculează, apoi, spre suprafață, energia geotermică înmagazinată, cedînd o parte mediului ambiant. Aceleași elemente fizico-geologice care caracterizează scoarța terestră din Cîmpia de Vest ne oferă explicații și în legătură cu prezența

bioxidului de carbon din regiune, sub formă liberă sau încorporat apelor carbogazoase, în iviri la sol sau în sonde.

Integrarea informațiilor geofizice și geologice specifice sau necesare explicării fenomenului geotermalității din Cîmpia de Vest și fundamentarea, prin ele, a modelului conceptual cu valoare de cadru teoretic pentru investigarea condițiilor de manifestare a energiei geotermice și a procesului de termalizare a apelor subterane de circulație din regiune, reprezintă un început cu numeroase ferestre deschise cercetărilor viitoare.

Distribuția complexă a energiei geotermice în substratul Cîmpiei de Vest este asociată la cel puțin două mecanisme de transfer a căldurii interne: prin conducție termică și prin convecție „penetrantă” (primul mecanism fiind condiționat de conductivitatea termică a rocilor; secundul, de circulația ascendentă a apelor termalizate care asigură o viteză de transfer mult mai mare decît o face primul). În această situație, se impune o distincție a noțiunilor, între anomalia geotermică cauzată de transferul de căldură prin conducție termică și anomalia geotermică cauzată de transferul de căldură transportată de apele termalizate (convecție „penetrantă”). Este motivul pentru care numim, în primul caz, *anomalie geotermică propriu-zisă* (sau simplu, anomalie geotermică, dar cu acest înțeles), iar pentru al doilea caz, *anomalie hidrogeotermică*.

Tabloul complex al distribuției energiei geotermice este compus printr-o suprapunere a cel puțin trei tipuri de anomalii geotermice, caracterizate prin grade de regionalitate succesiv mai mici, pe o anomalie geotermică de extindere subcontinentală care acoperă aproape întreaga suprafață a Depresiunii Panonice. O remarcă de reținut: odată cu descreșterea gradului de extindere a anomaliilor geotermice, are loc o creștere a intensității lor, respectiv devin mai bogate în conținut caloric.

Anomalia geotermică subcontinentală din Depresiunea Panonică este asociată subținerii scoarței terestre și formei pozitive a geoidului terestru în substratul acestei regiuni ⁸⁷.

⁸⁷ SCHEFFER V., *The European values of Terrestrial heat flow*, Geofisica e Meteorologia, XIII, 5—6, pp. 3—7, Genova, 1964.

Pe flancul estic al anomaliei geotermice subcontinentale, se suprapune o anomalie geotermică regională, orientată aproape N—S, de formă eliptică și cu axa mare la vest și aproape paralelă cu frontiera de stat, pe teritoriul R. P. Ungară (L. Stegena, 1974). În zona ei centrală, geoizotermele pentru $h = -1000$ m, circumscriu temperaturi de peste 75°C . Geoizoterma de 75°C străbate teritoriul Cîmpiei de Vest la NV de Oradea. Această anomalie se suprapune aproape integral pe o anomalie gravimetrică de maxim, de aceeași formă și orientare, ca reflectare a unui corp geologic greu și de mari proporții, ajuns în apropierea suprafeței pe un fond de ridicare locală a discontinuității Moho (fig. 46).

Pe flancul estic al anomaliei geotermice regionale se suprapun două anomalii geotermice subregionale: una, la sud, între Arad și Timișoara, de formă eliptică, cu axa mare orientată NV—SE și cu izoterma centrală care încheie valori de peste 55°C , și alta la nord, între Satu Mare și Oradea, caracterizată printr-o inflexiune intensă a geoizotermelor de la NV spre SE.

Pe ariile ambelor anomalii subregionale au putut fi localizate, cu ajutorul termometriei de sondă, grupuri de anomalii geotermice locale care, pentru adâncimea de -2000 m, se dovedesc a cumula energii geotermice deosebit de importante. Reproducem în figura 49, harta cu izogeoterme a grupului de anomalii geotermice locale din nord.⁸⁸ Sînt conturate, pe baza a 43 de sonde, 8 anomalii geotermice locale, toate avînd forme eliptice: șase, cele din vest, cu orientări generale SV—NE (asociate lui G_{12}); două, cele din est, V—E. Geoizotermele din părțile lor centrale încheie valori mai mari de 120°C (Mihai Bravu), de 125°C (Săcueni), de 130°C (Sînion—Biharia, Sîniob—Chișlaz, Abrămuț) și de 140°C (Cioaia, Galošpetreu, Pișcolț).

Distribuția complexă a energiei geotermice din substratul Cîmpiei de Vest este condiționată de elementele structurii geologice majore ale scoarței terestre și de constituția, respectiv de distribuția rocilor în păturile ei componente, de conductibilitatea lor termică și de con-

⁸⁸ PARASCHIV D., CRISTIAN M., *Asupra particularităților regimului geotermic în nord-estul Depresiunii Panonice*, Rev. Petrol și Gaze, 24, 11, 655—660, București, 1973.

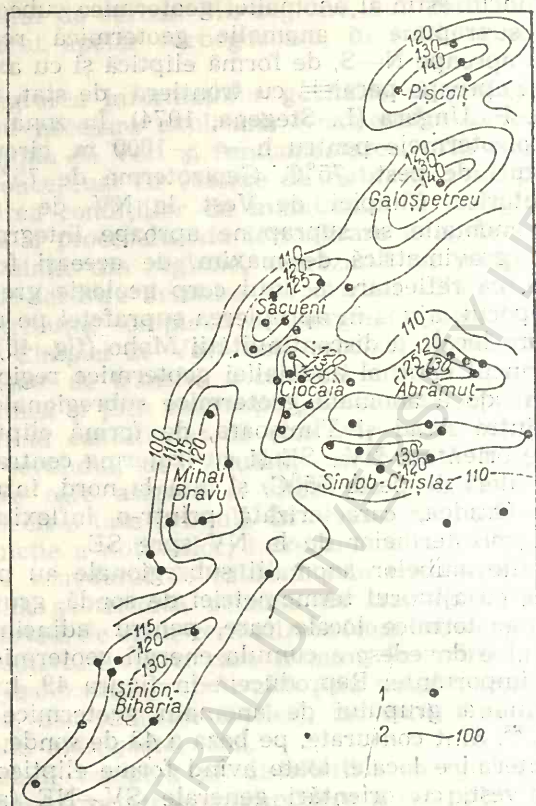


Fig. 49. Harta cu izogeoterme pentru $h = -2000$ m, din partea nordică a Cămpiei de Vest a României (după D. Paraschiv și M. Cristian, 1973): 1, sonde; 2, izogeoterme.

ținutul pe care îl au în substanțe radioactive (mai ales de pătura granitică). Un rol important este jucat de cimpurile de fracturi crustale cu toate ramificațiile lor spre suprafață (fracturi regionale, locale și de acoperire), precum și de agentul mobil, apele subterane, care preiau în circulația lor descendentă părți din energia calorică din scoarță, termalizându-se în funcție de adâncime și de calitatea volumului anomal atins, pe care o transportă și o cedează parțial mediului înconjurător pe

întregul lor parcurs și mai ales pe ramurile de circulație ascendentă. Se înțelege că, pentru un același nivel de adâncime atins de apele de circulație, temperatura pe care o vor atinge prin termalizare, va fi diferențiată în funcție de temperatura pe care o au rocile acolo: mult mai mare în volumele corespunzătoare anomaliilor geotermice locale, progresiv mai mici în volumele laterale în care energia calorică scade în măsura reflectată de anomalia geotermică cu grad de extindere din ce în ce mai mare.

Cînd structurile hidrogeologice întrunesc condiții de acumulare a unor cantități mari de ape termalizate, se formează zăcăminte hidrotermale. Rocile din mediul ambiant lor vor căpăta un surplus de căldură și împreună devin surse termic perturbante. Dacă ele ajung suficient de aproape de suprafață, termometria la sol le va contura sub formă de anomalii hidrogeotermice, punînd în evidență prezența zăcămintului hidrotermal. Figura 50 reproduce tocmai rezultatul unei asemenea prospecțiuni geotermice din zona 1 Mai—Felix, efectuată în foraje scurte de circa 2 m adîncime⁸⁹. Zăcămintele de ape termale care alimentează instalațiile balneare de la Felix și 1 Mai sînt reflectate de două anomalii hidrogeotermice locale de maxim (prima de peste 3°C; a doua, de peste 4°C). Forma eliptică și orientările lor sînt condiționate de falii locale de cuvertură. Anomalia hidrogeotermică din sud (4°C) s-a dovedit a reflecta un alt zăcămint hidrotermal. Un foraj executat în spațiul interior geoizotermei de 4°C, a deschis, la 140 m adîncime, un orizont cu apă termominerală cantonat în calcare fisurate și carstificate.

Gradul de termalitate al apelor de circulație subterană a fost urmărit sistematic prin lucrări cu foraje hidrogeologice, în două perimetre: la nord de Oradea, între Crișu Negru și Valea Ierului (Gr. Nechiti și colab., 1971) și în zona Băile Calacea (Natalia Goliță, 1972). Pe ambele perimetre, apele termale sînt cantonate în formațiunile panonianului superior; pe baza temperaturii apelor din orizonturile deschise de sonde, au fost

⁸⁹ VELICIU Ș., *Geothermal contributions to the hydrological knowledge of Oradea area*, Rev. roum. géol., géophys., géogr., Série de Géophysique, 18, 81—84, Bucărest, 1974.

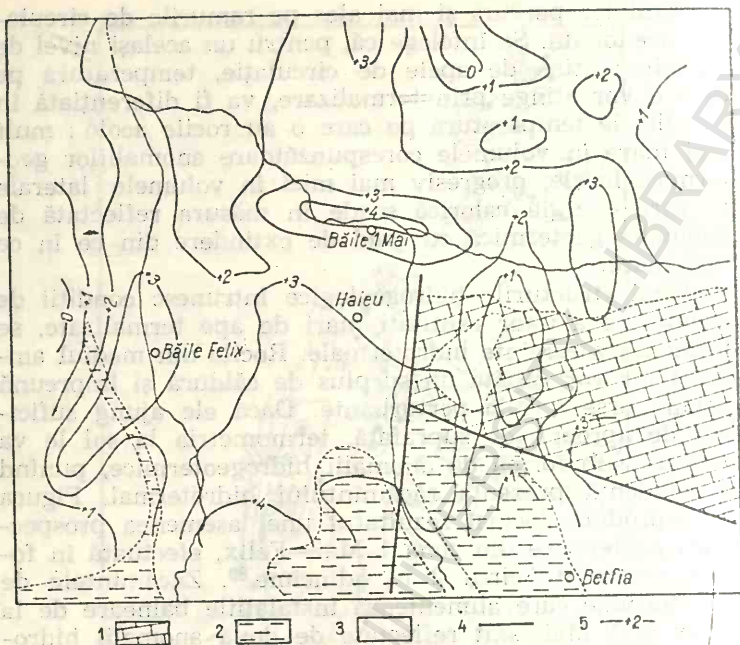


Fig. 50. Distribuția temperaturilor la adâncimea de 2 m și anomalii hidrotermice în zona Felix-1 Mai (după Ș. Veliciu, 1974):

1, cretacic; 2, panonian; 3, pleistocen sau holocen; 4, falii; 5, izogermeni ($^{\circ}\text{C}$).

puse în evidență cîte o anomalie hidrotermică. Ambele sînt situate pe verticala anomaliilor geotermice propriu-zise subregionale, fapt care explică termalizarea intensă a apelor pe baza cărora au fost conturate. Anomalia hidrotermică din nord, centrată pe zona localității Galoșpetreu, are un caracter spectacular: în zona ei centrală, gradientul geotermic calculat este de $5,5^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$, iar la gura sondelor, apele au temperaturi cuprinse între 85 și 95°C . Temperatura apelor termale scade progresiv lateral, pe zone concentrice, pînă la temperaturi mai joase de 40°C .

Din punctul de vedere al practicii imediate, anomaliile hidrotermice au o importanță covârșitoare prin aceea că apele termale care le reprezintă sînt chiar obiectivele de exploatare pentru energia geotermică care o conțin. Ceea ce se și face în prezent, deocamdată în termoficare (sere, locuințe ș.a.).

4. SPRE DIAGNOSTICE FIZICO-GEOLOGICE NOI

4.1. Integrarea datelor geofizice pentru descifrări geologice

În cursul de *Interpretare geologică a prospecțiunilor geofizice* — primul de acest fel, conceput, introdus în ansamblul disciplinelor formative pentru inginerul-geolog, îmbunătățit teoretic și bogat ilustrat cu exemple de măiestrie interpretativă, predat timp îndelungat și transmis generațiilor următoare de geologi și geofizicieni, la noi și în alte numeroase părți ale lumii — prof. Iulian Gavăț reliefează, printre multe altele și următoarea concluzie de ordin general: o singură metodă geofizică nu poate cu mijloacele ei proprii să conducă la rezolvarea completă a problemelor geologice pe care le poate avea subsolul investigat și care, în cele mai multe cazuri, se compune din structuri geologice deosebit de complexe. De aici, necesitatea efectuării de prospecțiuni geofizice complexe (integrate), folosind două sau mai multe metode, alese în acord cu caracteristicile geologice și geomorfologice ale teritoriului propus cercetării și cu natura însăși a problemei geologice care urmează să fie rezolvată.

Spre deosebire de unele aplicații ale radiometriei (zăcăminte de petrol la mică adâncime și zăcăminte de substanțe radioactive), de aplicațiile termometriei pentru rezervoarele de ape termale puțin adânci și de rezultatele seismometriei de reflexie care sînt în majoritatea cazurilor interpretate univoc în termeni geologici, toate celelalte metode geofizice produc, în primă instanță, ambiguitate în procesul interpretării lor geologice. La reducerea gradului de ambiguitate, eventual pînă la interpretarea univocă a rezultatelor unei metode geofizice oarecare, sînt de folosit, neapărat, în afară de cunoștințele geologice pe care le oferă regiunea în cauză, toate informațiile obținute și de alte metode geofizice. În numeroase cazuri, însăși prospecțiunea geofizică se

execută conjugat, cu două sau mai multe metode (gravimetrie + magnetometrie $\pm$ electrometrie $\pm$ seismică $\pm$ radiometrie $\pm$ termometrie).

Există și sub acest aspect o asemănare între complexele operații geofizice preliminare de cunoaștere a subsolului în vederea explorării lui geologice și investigațiile preoperatorii din practica medicinei !

Din numeroasele exemple prezentate în literatura de specialitate publicată în România, ne-am oprit la suita de elemente tectonice pentru marginea de vest a Platformei Moldovenești, în sectorul cuprins între văile Sucevei și Trotușului (fig. 51 și 52), schematizate după datele gravimetrice, aeromagnetice și seismice⁹⁰. Ambele figuri conțin aceleași elemente tectonice cartate geologic (liniile pericarpatică, externă și medio-marginală), ca expresie a raporturilor de încălecare, cu vergență de la vest spre est, între formațiunile de flis și molasă, intens cutate și cuvertura sedimentară a Platformei Moldovenești, aparent orizontală, antrenată după o pantă generală de afundare de la est spre vest și sud-vest (sub un unghi de pînă la 15°), ca flanc extern al avanfosei carpatice. Raporturile de încălecare, intuite de numeroși geologi (I. Băncilă, 1958), au fost determinate cantitativ de prospecțiunea seismică și confirmate de forajul adînc, pentru întregul segment oriental al Carpaților (urmărite pe distanțe între 5 și 16 km la vest de linia pericarpatică, din ce în ce mai mari de la sud spre nord). Astfel, linia pericarpatică reprezintă apariția la zi a planului de șariaj (de încălecare) pe care au lunecat spre exterior, ca pînză de alunecare, formațiunile *Unității pericarpatice*, care s-au așezat peste depozitele sarmațiene ale Platformei Moldovenești. Mai spre vest, apare la zi linia externă — pe un segment ceva mai lung, la nord și la sud de Valea Bistriței, și altul mai scurt, la nord de valea Trotușului — ca frunte a planului de șariaj al *Unității externe* peste Unitatea pericarpatică ; tot la vest, se face remarcată linia medio-marginală, cu un traseu sinuos, ca urmă la zi a planului de încălecare a *Unității medio-marginale* peste Unitatea externă, de-

⁹⁰ ALI-MEHMED E., VISARION M., TALOȘ D., *Marginea vestică a Platformei Moldovenești în lumina datelor geofizice actuale*, Stud. tehn. econom., Seria D (Prospecțiuni geofizice), IX, 7—23, București, 1972.

pășind-o și așezându-se pe arii mari, direct pe Unitatea pericarpatică.

Figura 51 cumulează elemente tectonice deduse din date gravimetrice și aeromagnetice. Elementele tectonice propriu-zise, informațiile privind compoziția petrografică diferențiată a fundamentului metamorfozat și aliniamentele maselor eruptive intruse în domeniul platformic, deduse din datele aeromagnetice, se suprapun pînă la identitate cu cele stabilite cu ajutorul hărții anomaliei componente verticale a cîmpului geomagnetic (ΔZ_v) și menționate în *Harta structurii geologice adînci a teritoriului României* (I. Gavăt și colab., 1963). Diferențieri de detaliu (un plus de aliniamente de fracturi locale longitudinale și transversale) sînt de semnalat pentru elementele tectonice deduse din date gravimetrice. Ambele categorii de informații compun un ansamblu care oferă o imagine sugestivă pentru structura majoră a fundamentului metamorfozat și intersectat de fracturi paralele catenei muntoase sau transversale ei, rețea rupturală care i-a favorizat afundarea generală de la est spre vest și sud-vest, compartimentînd-o în blocuri și denivelîndu-le unele față de altele, impunîndu-i o mobilitate diferențiată necesară condițiilor specifice de evoluție a cuverturii sedimentare pe care a subordonat-o total ca structură. În lungul liniei pericarpatice, gravimetria a pus în evidență două aliniamente aproape paralele de anomalii locale de maxim și de minim, cu o semnificație particulară pentru structura cuverturii sedimentare și de corelare cu fundamentul metamorfozat.

Contribuții importante și noi pentru cunoașterea structurii cuverturii sedimentare aduc elementele tectonice deduse din datele seismometriei (fig. 52). Interpretarea unitară a secțiunilor seismice aduce precizări prețioase în legătură cu extinderea cuverturii sedimentare a platformei sub pînzele carpatice, ele însele separate după regimurile cu înclinări diferite ale suprafețelor reflectatoare. Au fost evidențiate aliniamente de fracturi longitudinale, cele care au determinat imaginea afundării în trepte a platformei, precum și linii de fracturi transversale accentuate, probabil, de încărcarea diferită de la loc la loc a platformei, de depozitele pînzelor carpatice. Au fost trasate izobate prezumtive la suprafața formațiunilor din cuvertura platformei în zona

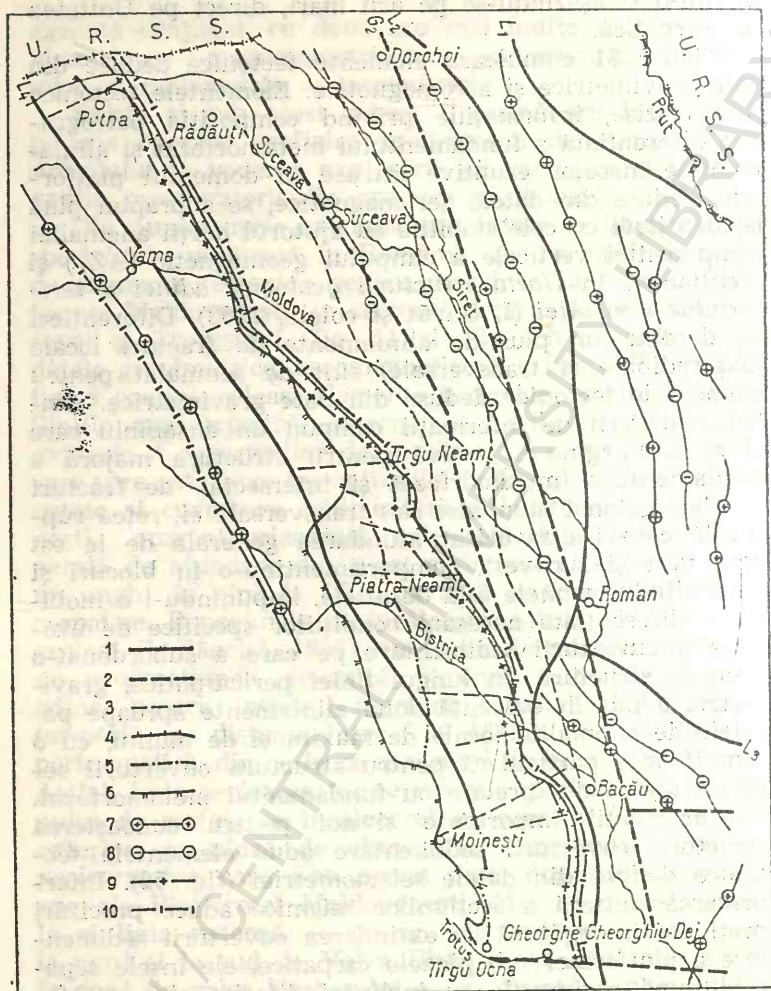


Fig. 51. Elemente tectonice rezultate din cercetările gravimetrice și aeromagnetice de pe marginea vestică a Platformei Moldovenești în sectorul valea Sucevei-valea Troțușului (prelucrare după E. Ali-Mehmed și colab., 1972):

- 1, linii delimitând sectoarele de fundament cu constituții petrografice diferențiate; 2, trepte de cedare a fundamentului platformic; 3, accidente rupturale transversale; 4, linia pericarpatică; 5, linia externă; 6, linia marginală; 7, aliniament de anomalii ΔT_a de maxim; 8, aliniament de anomalii ΔT_a de minim; 9, aliniament de anomalii gravimetrice de maxim; 10, aliniament de anomalii gravimetrice de minim.

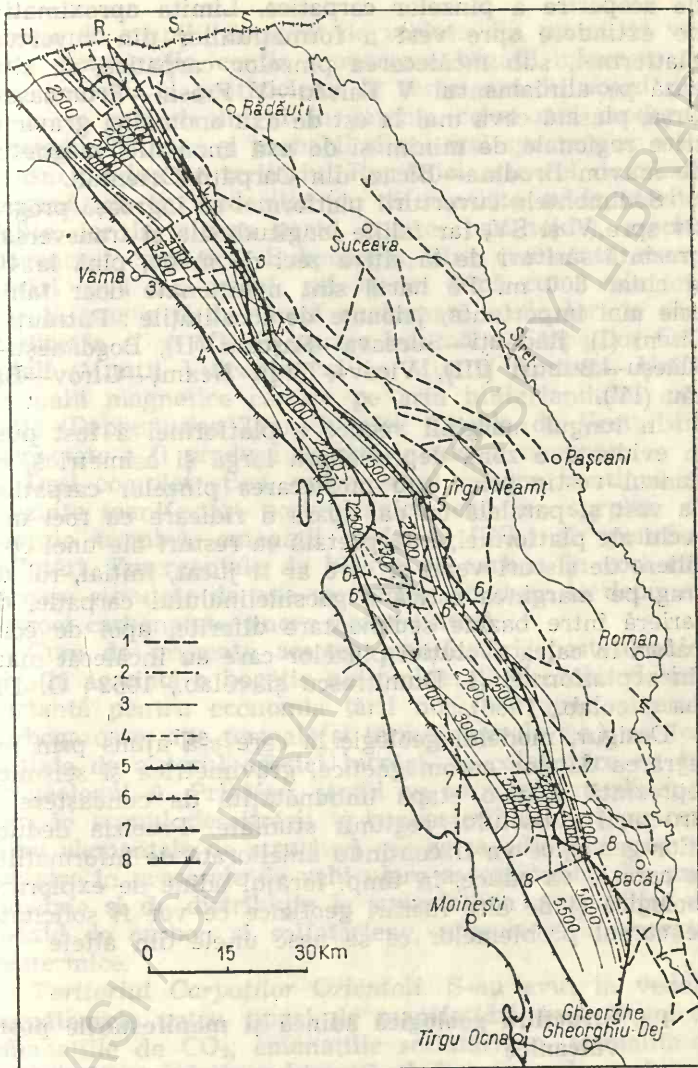


Fig. 52. Elemente tectonice rezultate din cercetările seismometrice de pe marginea de vest a Platformei Moldovenești în sectorul din valea Sucevei-valea Trotușului (după E. Ali-Mehmed și colab., 1972):

1, falie la orizontul caracteristic; 2, falie transversală la cuvertura platformei; 3, și 4, izobate la suprafața cuverturii Platformei Moldovenești; 5, linia pericarpatică; 6, linia externă; 7, linia medio-marginală; 8, limita de vest a cuverturii sedimentare a platformei.

de acoperire a pînzelor carpatice. Limita aproximativă de extindere spre vest a formaţiunilor din cuvertura platformei, sub încălecarea pînzelor carpatice, se situează pe aliniamentul V Falcău—V Frasin—Frumoasa—Orşa, plasată ceva mai la est de axa anomaliei gravimetrice regionale de minim şi de axa anomaliei magnetice de maxim Brodina—Bicaz, din Carpaţii Orientali.

Sedimentele cuverturii platformei se îngroaşă progresiv spre V şi SV, iar faliile longitudinale şi transversale prezintă sărituri de la cîţiva zeci de metri, pînă la 400 şi chiar 800 m. Pe hartă sînt menţionate doar faliile cele mai importante, jalonate de localităţile: Pătrăuţi—Liteni (I), Rădăuţi—Suceava—Paşcani (II), Bogdăneşti—Plăeşu—Buhuşi (III), Vicov—Tîrgu Neamţ—Girov—Bacău (IV).

În lungul marginii vestice a platformei a fost pusă în evidenţă o zonă depresionară largă şi asimetrică, cu flancul vestic prins sub încălecarea pînzelor carpatice. La vest şi paralelă cu ea, apare o ridicare cu roci mai vechi ale platformei, interpretată ca resturi ale unei cordiliere de sisturi verzi şi care ar fi jucat, iniţial, rol de prag, pe marginea estică a geosinclinalului carpat, de barieră între bazine sedimentare diferite, apoi de contrafort în calea evoluţiei pînzelor care au încălecat marginea platformei (I. Dumitrescu şi colab., 1962 ; O. Diacea şi colab., 1966).

Desigur, modelul geologic la care s-a ajuns prin integrarea datelor aeromagnetice, gravimetrice şi seismice reprezintă doar o etapă îmbunătăţită de cunoaştere a structurii subsolului regiunii studiate. Precizia deducţiilor geologice va fi continuu ameliorată de informaţiile pe care le va aduce, în timp, forajul adînc de explorare geologică şi de alte lucrări geofizice ce vor fi solicitate de cursul problemelor ce se nasc unele din altele.

4.2. Structura geologică adîncă şi manifestările post-vulcanice

Teritoriul României a fost în decursul numeroaselor etape ale istoriei sale geologice, teatrul mai multor fenomene vulcanice. Toate produsele lor s-au cicatrizat în scoarta terestră, fapt care le conferă un caracter fosil.

Masele de erupții, deosebit de variate din punct de vedere petrografic, conțin numeroase bogății minerale pe care geologii și geofizicienii le cercetează în acord din ce în ce mai deplin și în lumina celor mai moderne concepții. Ultimul și probabil și cel mai spectacular vulcanism produs pe teritoriul României este cel de vîrstă neogenă, de tip andezitic (cu diferențiate acide, dacite, riolite, iar în ultima parte, bazice, bazaltoide), asociat orogenezei carpatice. Subordonat, sînt cunoscute manifestări ceva mai vechi, paleogene, după cum, cele terminale par a fi de vîrstă cuaternară. Aria lor de răspîndire la zi se află în partea internă a Carpaților Orientali (Munții Vulcanici) și în Munții Apuseni. Unele anomalii magnetice cartate pe aria hinterlandului carpat (Depresiunea Transilvaniei, Cîmpia de Vest), sînt suspectate a fi produse de roci intrusive neogene.

Deși complet stins, vulcanismul neogen continuă să prezinte manifestări postvulcanice, ca: un surplus de energie termică, emanații mofetice (CO_2) și sporadice solfări. Emergențele de bioxid de carbon în roci calcareoase circulate de ape meteorice, conduce la depuneri de roci carbonatate tinere (travertinuri).

Cum de prezența acestor manifestări postvulcanice se află asociată o bogăție hidrominerală deosebit de importantă pentru economia țării noastre (ape minerale carbogazoase, ape termale și termominerale ș.a.), au fost inițiate de autorul acestei lucrări, în colaborare cu hidrogeologul A. Pricăjan, studii cu caracter interdisciplinar, în scopul descifrării și cunoașterii rolului pe care îl au elementele de structură geologică adîncă a scoarței terestre în procesele de vehiculare ascensională, din profunzime și de distribuție la suprafață a emanațiilor de bioxid de carbon și solfatarie, precum și a energiei geotermice.

Teritoriul Carpaților Orientali. S-au avut în vedere următoarele patru tipuri de manifestări postvulcanice: emanațiile de CO_2 , emanațiile solfatarie, termalitatea apelor de circulație subterană și formarea de roci carbonatate tinere (travertinuri). Dintre elementele de structură geologică adîncă, s-au luat în considerație cîmpurile de fracturi crustale, regionale, locale și de cuvertură, distribuite diferențiat și arborescent din zonele profunde ale litosferei spre suprafața ei, precum și masele geo-

logice majore care compun partea superioară a scoarței terestre (masele eruptivului neogen, masivele din roci metamorfozate, volumele de fliș și altor roci mai tinere), organizate structural în corelație cu structura majoră a scoarței terestre, așa cum rezultă din distribuția cîmpurilor de fracturi crustale, regionale și locale, precum și din reflectarea lor în diferite tipuri de anomalii geofizice.

Cercetările au demarat cu studii privind ariile județelor Covasna (1969—1970) și Harghita (1970—1971); apoi s-au extins gradat pe segmentul sudic al Carpaților Orientali (1971—1972) și s-au încheiat pentru segmentul nordic al acestora (1972—1973). Rezultatele obținute au fost publicate în ordinea enumerată, oferind, în final, condiții de întocmire a unei sinteze pentru întreaga arie a Carpaților Orientali⁹¹. Rezultatele de ordin general, desprinse din aceste cinci lucrări publicate, pot fi enumerate în următoarea secvență :

— Există o strînsă corelație între aria aureolei mofetice a Carpaților Orientali și distribuția maselor eruptivului neogen, respectiv a dispozitivului de fracturi crustale care afectează întregul substrat al regiunii. Suprafața aureolei mofetice este de circa 13 000 km², de peste două ori mai mare ca aria vulcanitelor neogene. Limita aureolei mofetice este convențională și susceptibilă de a fi deplasată spre exterior cu descoperirea oricărei noi manifestări de CO₂. Din figura 53 se poate reține că aureola mofetică nu acoperă integral masele eruptivului neogen. Chiar atunci cînd o face, manifestările postvulcanice sînt sporadice, ceea ce reprezintă un indiciu că vulcanitele închid spre suprafață căile de acces ascensional al manifestărilor postvulcanice.

— Distribuția preponderent liniară a emergențelor de CO₂ la suprafață este un argument că bioxidul de carbon circulă în lungul fracturilor adînci, este preluat de sistemul de fracturi ale scoarței și este distribuit diferențiat la suprafață. Intensitatea de circulație a gazului CO₂ reflectă gradul de mobilitate, pe segmente, a

⁹¹ AIRINEI ȘT., PRICĂJAN A., *Some geological connections between the mineral carbon and thermal waters and the post-volcanic manifestations correlated with the deep geological structure of the East Carpathians territory-Romania*, Stud. tehn., econom., Seria E (Hidrogeologie), XII, 7—19, București, 1975.

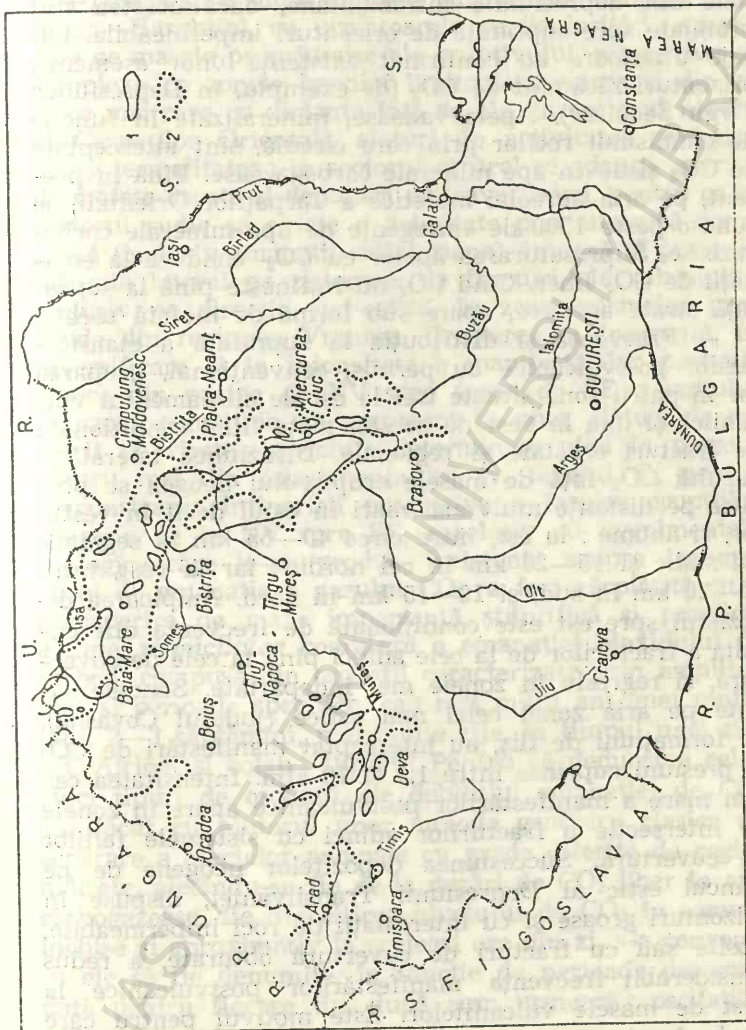


Fig. 53. Aureola mofetică pe teritoriul României, ca expresie a manifestărilor postvulcanice neogene (prelucrare după A. Pricăjan, 1972):
1, erupții neogene la zi; 2, conturul arilor aureolei mofetice,

fracturilor adânci și deschiderea la suprafață a faliilor de cuvertură. Cantități mari de CO_2 sînt înmagazinate de orizonturile poroase ale depozitelor aluvionare și torențiale din depresiunile intramontane, dacă acestea sînt protejate spre suprafață de orizonturi impermeabile. Foraje ulterioare au confirmat existența unor asemenea orizonturi-zăcămint de CO_2 (de exemplu, în Depresiunea Tîrgu Secuiesc). Apele vadoase, mineralizate în funcție de chimismul rocilor prin care circulă, sînt interceptate de CO_2 și devin ape minerale carbogazoase. Pînă în prezent, pe aria aureolei mofetice a Carpaților Orientali, se cunosc peste 1500 de emergente de ape minerale carbogazoase. Suprasaturarea apelor cu CO_2 conduce la emanații de CO_2 liber. Cînd CO_2 nu întîlnește pînă la suprafață strate acvifere, apare sub formă de mofetă uscată.

— Frecvența și distribuția la suprafață a manifestărilor postvulcanice au permis, convențional, gruparea lor în patru zone situate trei la est de aliniamentul vulcanilor și una la vest de acesta, toate fiind condiționate de fracturi crustale și regionale. Difuziunea laterală a gazului CO_2 față de masele eruptivului neogen se produce pe distanțe mult mai mari în estul decît în vestul lor, și anume: la est, între circa 40—55 km în segmentul sudic și 15—20 km în cel nordic; iar la vest, între 15—20 km în sud, și 10—15 km în nord. Amploarea difuziunii spre est este condiționată de frecvența diferențiată a fracturilor de la cele adânci pînă la cele de cuvertură, și regresiv în zonele mai îndepărtate. Sondele săpate pe aria zonei celei mai estice (județul Covasna), pe formațiuni de fliș, au interceptat manifestări de CO_2 la presiuni cuprinse între 1,5 și 70 atm. Intensitatea cea mai mare a manifestărilor postvulcanice apare în zonele de intersecție a fracturilor adânci cu sistemele faliilor de cuvertură. Succesiunea depozitelor neogene de pe flancul estic al Depresiunii Transilvaniei, dispuse în orizonturi groase și cu intercalații de roci impermeabile, lipsite sau cu fracturi de cuvertură obturate, a redus considerabil frecvența manifestărilor postvulcanice la vest de masele vulcanitelor. Este motivul pentru care unele foraje au interceptat la nivelul fundamentului cristalin, bioxid de carbon în debite și la presiuni deosebit de mari (pînă la 200 atm.).

— Frecvența și gradul de complexitate al distribuției manifestărilor postvulcanice crește de la nord (Oaș—Gutii—Țibleş) spre sudul lanțului vulcanitelor neogene (Căliman—Harghita), cu următoarele particularități : sporadică pe masele propriu-zise ale eruptivului, numeroase și complexe pe zonele imediat limitrofe acestora și din ce în ce mai rare cu distanța față de ele. În sectorul nordic al Carpaților Orientali, alături de activitatea mofetică apare termalitatea ; în sectorul central se adaugă apariții de mofete uscate și depuneri de trăvertinuri, pentru ca în sectorul sudic să existe o activitate postvulcanică complexă (inclusiv emanații solfatariene), intensă și puternic difuzată lateral pe sistemele de fracturi ale subsolului, inclusiv pe direcția sud-estică, în zona seismelor profunde din regiunea Vrancea. Creșterea în frecvență, în diversificare și în intensitate a manifestărilor postvulcanice din partea de NV spre aceea de SE a lanțului vulcanic, constituie un argument în plus, alături de cel oferit de vîrstele absolute determinate pînă în prezent pentru roci din componența lui (v. tabelul 6), pentru demonstrarea întineririi progresive a fazelor erupțiilor neogene de la NV spre SE, corelativ cu evenimentele geologice care le-au produs. Insistența asupra fenomenului de emanație a gazului CO_2 a fost răsplătită cu o descoperire de mare importanță științifică și practică, anume, *ritmicitatea complexă* a emanației bioxidului de carbon, compusă din oscilații caracterizate prin amplitudini și perioade specifice, ca : mai mulți ani, mai multe luni, 2—3 săptămîni, mai multe zile, în timpul unei zile (Șt. Airinei și colab., 1975)⁹². Pentru că deducerea celor cinci tipuri de oscilații ale debitului emanației de CO_2 s-a făcut cu ajutorul unor metode geofizice clasice de separare a efectelor anormale cu grade diferite de regionalitate, plecîndu-se fie de la dozări de CO_2 liber în ape carbogazoase, fie din citirea nivelului de CO_2 în camere închise și aproximativ la aceleași ore din zi, s-a convenit ca ele să fie denumite, în funcție de perioada determinată pentru fiecare tip, după cum urmează : oscilațiile

⁹² AIRINEI ȘT., PRICAJAN A., ȘTEFĂNESCU M., SE-TEL M., *Variația manifestării bioxidului de carbon mofetic de la Băile Pucioasa-Sintimbru și Harghita*, Stud. cerc. geol., geofiz., geogr., Geologie, 20, 1, 59—73, București, 1975.

cu perioade de mai mulți ani, cu tipul de „anomalie subcontinentală”; oscilațiile cu perioade de mai multe luni, cu tipul de „anomalie regională”; oscilațiile cu perioade de 2—3 săptămîni, cu tipul de „anomalie subregională”; oscilațiile cu perioade de cîteva zile, cu tipul de „anomalie locală” și oscilații de tip diurn, cu perioade de cîteva ore, cu tipul de „anomalie sublocală”. Oscilațiile de tip anomalie sublocală sînt instalate pe fondul oscilațiilor de tip anomalie locală, ultimele pe fondul oscilațiilor de tip anomalie subregională și așa mai departe.

Graficul din figura 54 este întocmit pe baza a 627 de dozări periodice de CO_2 liber în apa minerală carbogazoasă a Izvorului Principal de la Borsec, din perioada 1965—1973. Valoarea medie a bioxidului de carbon liber pentru întreaga perioadă este de 2,116 g/l. Valorile medii anuale în succesiunea anilor arată abateri în plus și în minus față de media generală luată ca bază de referință, reprezentînd oscilații ale debitului emanației de CO_2 , cu perioade de mai mulți ani. Aceste abateri de lungă perioadă ar corespunde, convențional, anomaliei geofizice de tip subcontinental. Dacă se urmăresc, în paralel, abaterile mediilor anuale ale presiunii atmosferice, față de

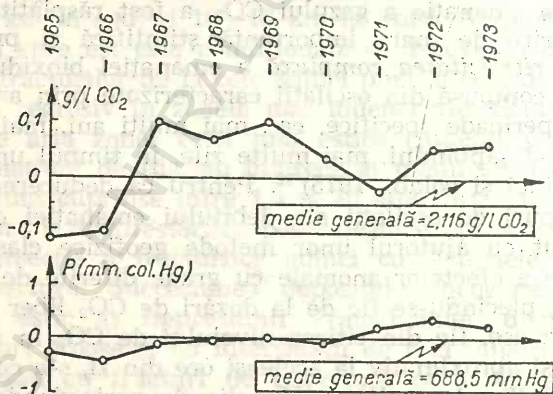


Fig. 54. Grafic de variație a valorii medii anuale a conținutului de CO_2 liber în apa minerală carbogazoasă a izvorului principal de la Borsec, în paralel cu variația valorii medii anuale a presiunii atmosferice. Variații asimilate cu anomalii de tip subcontinental (după Șt. Airinei și A. Pricăjan, 1975).

media generală pentru întregul interval de timp, se constată o lipsă de corelație între foarte atenuatele minime și maxime ale graficului de presiune atmosferică, cu minimele și maximele graficului de variație a debitului de emanație a gazului CO_2 . Aceeași situație o prezintă și variațiile temperaturii medii anuale (cuprinse între $\pm 2,5^\circ\text{C}$), față de temperatura medie a întregului interval (de $+7,5^\circ\text{C}$).

Următoarele patru tipuri de oscilații ale debitului emanației de CO_2 au fost separate din graficele șirurilor zilnice de citiri pe miră a nivelului de CO_2 uscat, făcute la patru emergente situate două la Băile Harghita (la 1350 m altitudine) și două la Pucioasa-Sîntimbru (1250 m altitudine), la circa 20 km depărtare unele de altele. Toate patru sursele se găsesc pe versantul estic al masivului vulcanic Harghita, motiv pentru care emanația mofetică este uscată, are un flux continuu de CO_2 și sub presiune normală. La Băile Harghita citirile s-au făcut o dată pe zi, dimineata, înainte de începerea „curei mofetice”, timp de un an (1971—1972); la Pucioasa-Sîntimbru citirile au durat un an și jumătate, suprapunându-se în primul an cu cele de la Băile Harghita, timp în care citirile pe miră a nivelului de CO_2 s-au făcut de două ori pe zi, dimineata și seara. Concomitent au fost citite în punct fix, la nivelul solului, temperatura (în grade Celsius) și presiunea atmosferică (în mm col. Hg).

Graficele de variație a nivelului de CO_2 pentru toate patru sursele frapază prin complexitatea lor și prin simultaneitatea evenimentelor particulare pe care le marchează. Ele au stat la baza prelucrărilor analitico-statistice efectuate și la obținerea următoarelor patru tipuri de oscilații ale debitului de CO_2 uscat:

În figura 55 sînt reproduse graficele de variație ale valorilor medii lunare pentru nivelul de CO_2 , temperatură și presiune atmosferică, corespunzătoare surselor de bioxid de carbon uscat de la Pucioasa-Sîntimbru (S_1 și S_2) și de la Băile Harghita (H_1 și H_2). Nivelul mediu al CO_2 pentru întreaga perioadă și fiecare sursă mofetică este: S_1 , 130 cm; S_2 , 92 cm; H_1 , 135 cm și H_2 , 116 cm. Față de nivelul mediu al CO_2 al fiecărei surse mofetice, valorile medii lunare prezintă abateri pozitive și negative notabile pentru sursele de la

unora cu celelalte, ceea ce constituie un prim argument că între manifestarea mofetică uscată și acești doi factori fizici atmosferici nu există o legătură directă și imediată.

Disponind de dozările zilnice de CO_2 liber din apa minerală carbogazoasă, pentru o perioadă de aproape trei ani (1970—1973), efectuate la stația de îmbuteliere de la Sincăieni, situată în Depresiunea Ciucului la circa 10 km est de Pucioasa-Sintimbru, și efectuând aceleași prelucrări și grafice, se remarcă același minim central al nivelului mediu lunar de conținut în CO_2 liber din apa minerală carbogazoasă la intrarea în circuitul de îmbuteliere, extins pentru aproximativ aceeași perioadă, de circa opt luni, flancat de maxime cu amplitudini ceva mai mici, situație care atestă simultaneitatea ritmicității fenomenului de emanație mofetică.

În figura 56 sînt reproduse graficele de variație ale următorului tip de oscilație a nivelului de CO_2 liber, pentru un interval de numai două luni (aprilie-iunie 1971), raportate la valorile medii lunare ale fiecărei surse. Ceea ce caracterizează acest tip de oscilație este apariția aproape simultană la toate patru sursele mofetice a unui pic minimal, la un interval mediu de 15 zile. Intervalul anomal al variației nivelului de CO_2 , cuprins între două picuri de minim succesive, este asimilat cu tipul de anomalie subregională (notate în fig. 56 cu : I, II, III și IV). Durata medie a fiecărui pic de minim este de circa 3 zile, iar amplitudinea lui este variabilă chiar pentru aceeași sursă (S_1 , între —25 și —65 cm ; S_2 , între —43 și —75 cm ; H_1 , între —22 și —50 cm și H_2 , între —23 și —35 cm). Lanțul de intervale cu media de 15 zile se întinde pe întreaga durată a perioadei acoperite cu observații zilnice. Graficele de variație ale temperaturii și presiunii atmosferice, întocmite tot în raport cu valorile medii lunare ale ambelor mărimi, nu manifestă corelații semnificative nici pentru intervalele picurilor de minim ale emanației de CO_2 .

Chiar din figura 56 se remarcă complexitatea variației nivelului de CO_2 în lungul fiecărui interval separat de două picuri succesive de minim, marcînd față de valoarea medie a lunii respective maxime și minime care se înscriu în regularități ce determină separarea următoarelor două tipuri de ritmicitate oscilatoare ale debi-

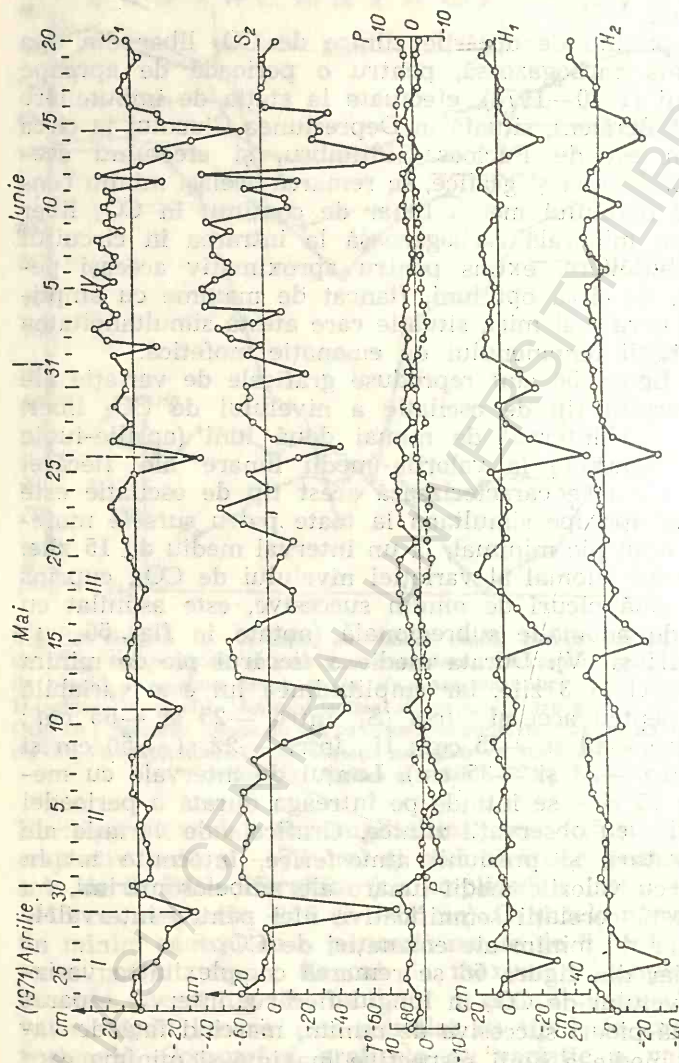


Fig. 56. Grafice de variație a nivelului de CO₂ uscat, a temperaturii și presiunii atmosferice, în raport cu valoarea medie lunară a fiecărei surse mofetice pentru același interval de timp, din care se remarcă variațiile cu perioada între 11 și 20 de zile (în medie 15 zile), notate I, II, III și IV. Variații asociate cu anomalii de tip subregional (după Șt. Airinei și colab., 1975).

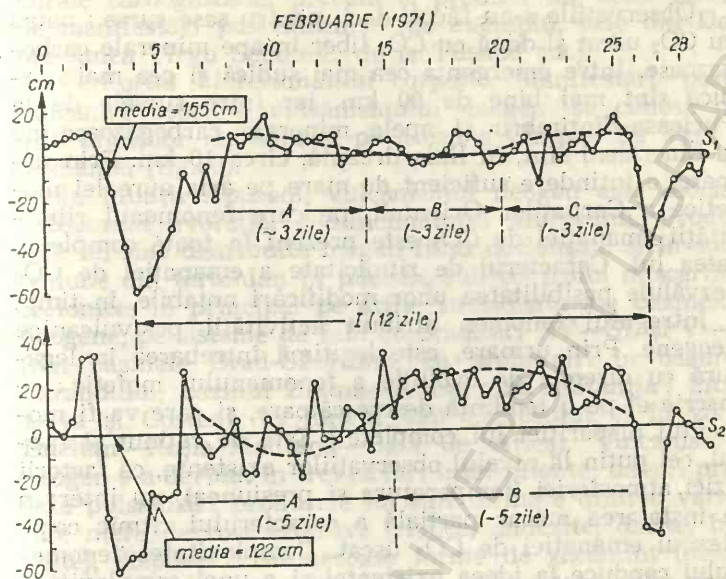


Fig. 57. Grafice de variație a nivelului de CO_2 uscat, din cursul lunii februarie 1971, întocmite în raport cu valorile medii ale surselor S_1 și S_2 pentru luna respectivă, din care se desprind: o oscilație de tip anomalie subregională (cuprinsă între 4 și 26 februarie); oscilații de tip anomalie locală, trei pentru sursa S_1 și două pentru sursa S_2 , cu perioade medii de șase și nouă zile; oscilații diurne de tip anomalie sublocală, suprapuse precedentelor (după Șt. Airinei și colab., 1975).

tului de CO_2 . Figura 57 le ilustrează numai pentru sursele S_1 și S_2 pentru care sînt două citiri zilnice, corespunzător unui interval din luna februarie 1971, cu o perioadă de 22 de zile între picurile de minim. Variațiile nivelului de CO_2 față de media lunară a fiecărei surse (S_1 , 155 cm; S_2 , 122 cm) se înscriu pe niveluri medii cu mers ondulatoriu, cu perioade de circa șase și nouă zile și cu amplitudini variabile de la sursă la sursă (între +10 și -2 cm, pentru S_1 ; +30 și -12 cm, pentru S_2). Aceste ondulații corespund la tipul de anomalie locală. Pe fondul fiecărei anomalii locale se suprapun variații ale nivelului de CO_2 de tip anomalie sublocală, ele însele cu amplitudini și perioade variabile, incomplet cunoscute din lipsa unui număr suficient de mare de observații în cursul aceleiași zile.

Observațiile s-au făcut, deci, pentru șase surse : patru cu CO₂ uscat și două cu CO₂ liber în ape minerale carbogazoase. Între emergența cea mai sudică și cea mai nordică sînt mai bine de 80 km, iar între sursele de la Pucioasa-Sîntimbru și apele minerale carbogazoase de la Sîncrăieni sînt, în linie dreaptă, circa 10 km. Prin urmare, o întindere suficient de mare pe aria aureolei mofetice a Carpaților Orientali, pe care fenomenul ritmicității emanației de CO₂ este prezent în toată complexitatea lui. Caracterul de ritmicitate a emanației de CO₂ dezvăluie posibilitatea unor modificări notabile, în timp, a întregului fenomen atribuit activității postvulcanice neogene. Prin urmare, este legitimă întrebarea în legătură cu direcția de evoluție a fenomenului mofetic : se înscrie el pe o tendință descrescătoare, și care va fi momentul dispariției lui complete ? Este de reținut și faptul, cel puțin la nivelul observațiilor existente, că factorii fizici atmosferici (temperatura și presiunea), nu intervin la instalarea măcar parțială a caracterului ritmic complex al emanației de CO₂ uscat. Complexitatea fenomenului conduce la ideea existenței și a unei complexități, cel puțin tot atît de mare, a ansamblului de cauze care îl condiționează și îl întrețin. Ceea ce se poate prevedea în stadiul actual al cunoașterii este că aceste cauze sînt de natură internă în majoritatea cazurilor (asociate elementelor structurale majore ale scoarței terestre și particularităților lor locale) și de natură extraterestră (de exemplu, mișcările ritmice de maree terestră produse asupra litosferei de atracția Lună-Soare).

Aspectele cunoașterii fundamentale a fenomenului emanației mofetice, de care sînt asociate numeroase implicații practice (de sănătate, economice etc.), au stabilit o solidarizare între autorii lucrărilor menționate cu generațiile următoare, și i-au făcut să propună organizarea unor cercetări complexe fundamentale, de lungă durată, și aplicative, pentru punerea în valoare a bogățiilor subsolului legate de manifestările postvulcanice. Pe plan aplicativ, lucrările de teren realizate pînă în prezent — fie prin foraje, fie pe calea prospecțiunii geofizice —, au confirmat justetea concluziilor stabilite la scară regională, inclusiv a ariilor de perspectivă indicate de aceste concluzii, prin localizarea a numeroase volume (zăcăminte) de acumulare a gazului CO₂ sau de ape mi-

nerale carbogazoase, precum și produse ale altor tipuri de manifestări postvulcanice (de exemplu, cele din Depresiunea Tirgu Secuiesc, de la Tușnad ș.a.).

Teritoriul hinterlandului carpatic. Manifestări postvulcanice asociate vulcanismului neogen se cunosc pe aria Munților Apuseni și pe aceea a Cîmpiei de Vest a României (fig.53).

În Munții Apuseni, vulcanismul neogen este asociat subsecvent evoluției geosinclinalului Mureșului. Produsele lui sînt distribuite inegal, fiind declanșate și în succesiune din tortonian în pliocen, sub controlul mișcărilor tectonice, în principal pe ariile subsidente ale bazinelor neogene, pe sisteme de falii cu orientări NV—SE și V—E (din bazinele Brad—Săcărîmb, cu prelungiri în bazinul Zarandului, bazinul Zlatna—Almaș pînă la Stănița; între Deva și Coșteni, în lungul văii Mureșului și în zona Bucium—Roșia Montană—Baia de Arieș). Vulcanismul neogen s-a derulat în trei cicluri intermitente, uneori prin faze pulsatorii; produsele lui sînt formate dintr-o varietate mare de roci eruptive (riolite, andezite, dacite, bazalte), dispuse în numeroase forme de zăcămint (de la vulcani simpli, compuși și miești, subvulcani, coloane de brecii, curgeri de lave și piroclastite, la formațiuni vulcanogen-sedimentare).

Sistemele de fracturi din regiune (crustale, regionale, locale și de cuvertură) au jucat și continuă să joace un rol deosebit de important pentru întreaga succesiune de fluide care au însoțit și au urmat magmei propriuzise; mai întîi, ele au asigurat o activitate hidrotermală amplă, diversă și intensă, purtînd mineralizatorii care au format zăcămintele metalifere; concomitent și ulterior au produs hidrotermalizări accentuate atît în masa rocilor eruptive, cît și în sedimentele invadate; apoi au continuat, cu prelungiri pînă în prezent, prin fenomenele postvulcanice, preponderent prin emanația mofetică, ca produs volatil final și prin instalarea și menținerea unui regim geotermic anomal, ambele cu ample consecințe balneare și economice.

— Aureola mofetică din Munții Apuseni ocupă două arii: una, în zona centrală a Munților Metaliferi, la nord și la sud de valea Mureșului; alta, pe versantul lor de vest. În ambele cazuri, bioxidul de carbon venit din profunzime pe falii, impregnează apele de circulație,

în general mineralizate, producând ape minerale carbogazoase. Principalele zone cu ape minerale carbogazoase se găsesc în bazinul Streiului (Călan, Teliuc), în culoarul Mureșului (zonele Vețel, Rapolt-Boholt, Geoagiu), precum și la Moneasa, Pădurea Neagră și Tinca. Cu ocazia întocmirii Diplomei de licență, I. Borugă (1975), a analizat 73 de dozări de CO_2 liber din apa minerală carbogazoasă de la stația de îmbuteliere Boholt (dozări efectuate periodic dar constant la ora 6 dimineața, în intervalul august-decembrie 1974), și făcând graficele de variație a debitului emanației de CO_2 , a constatat similitudinea ritmicității emanației bioxidului de carbon sub forma tipurilor de anomalie subregională și locală, cu aproximativ aceleași caracteristice (perioade și amplitudini) cu cele cunoscute pentru Carpații Orientali.

O mențiune aparte merită bioxidul de carbon uscat de la Ocoliș, din bazinul Streiului, întâlnit în foraje la adâncimi de câteva sute de metri, acumulat sub presiune. Primul foraj a fost propus pentru verificarea conținutului geologic al anomaliei magnetice de la Ruși — intensă, de formă eliptică, orientată V—E —, care sugera prezența de substanțe feromagnetice, asemănătoare celor din Poiana Ruscă, în prelungirea cărora se afla⁹³. Întâlnind CO_2 aproape pur și cu debit de interes industrial, obiectivul inițial a fost substituit de cel neprevăzut; sondele forate ulterior au făcut din zona Ocoliș, în perspectivă, o schelă importantă pentru exploatarea gazului CO_2 .

Regimul geotermic anomal asociat eruptivului neogen din Munții Apuseni, este responsabil de termalizarea apelor de circulație subterană, ne-sau mineralizate, din zonele: Călan (25—29°C), Geoagiu (23—32°C), Rapolt-Bobilna (19—22,5°C), Vața de Jos (38—39,5°C), Moneasa (20—36°C).

Depunerile de tufuri calcaroase (travertinuri), — proces asociat activității mofetice, respectiv a apelor minerale carbogazoase și termale —, sînt cunoscute la Călan, Geoagiu, Bămpotoc ș.a.

⁹³ AIRINEI ȘT., *Ridicări magnetice regionale în Transilvania (Munții Perșani și regiunea Sibiu-Blaj-Hațeg)*, D.S., Com. Geol., XLII (1954—1955), 135—148, București, 1959.

— Subsolul Cîmpiei de Vest a României conține, alături de bogate resurse termoeenergetice (vezi 3.7. și fig. 48), importante manifestări mofetice, grupate pe două arii de aureolă mofetică : la nord de Oradea, unde CO_2 a fost pus în evidență prin foraje și perimetrul Arad—Lipova—Buziaș cu CO_2 în sonde și la suprafață.

Zona mofetică din nord grupează sonde pe aria localităților Ciocaia—Diosig—Sălard—Tamașeu, situată de o parte și de alta a fracturii crustale G_{12} și la periferia de SV a anomaliei magnetice care se află în prelungirea eruptivului neogen de la Baia Mare. La Ciocaia, una din sonde debitează CO_2 aproape pur, la o presiune naturală de peste 100 atm., fiind îmbuteliat. Zona se prelungește pe teritoriul R. P. Ungare, unde CO_2 a fost întâlnit în sondele de la Kaba, B. Nagy Bajom și Fuzesgyarmat.

Zona mofetică din sud este situată între cîmpurile de fracturi crustale G_7 și G'_7 , respectiv pe flancul nordic al anomaliei magnetice Arad. Gazul CO_2 se află prezent în grupul de sonde de la Sintana. Zona se prelungește pe teritoriul ungar, unde CO_2 se află prezent în sondele de la Battanya și Pitvaros. Spre est, zona se extinde la sud de G_7 și este caracterizată prin manifestări de CO_2 la suprafață, fie impregnat în apele de circulație subterană (apele minerale carbogazoase de la Lipova, Bogata, Buziaș ș.a.), fie sub formă de barbotări de CO_2 (Vinga, Fibiș ș.a.). În sonde, a fost întâlnit la adâncimi de peste 1000 m, în zona localității Satchinez.

Asupra manifestărilor postvulcanice din Carpații Orientali și Munții Apuseni, inclusiv Cîmpia de Vest, vom reveni cu unele explicații suplimentare la 4.4.

4.3. Structura geologică adîncă și geotermalismul

Caracterul prioritar al cunoașterii distribuției energiei geotermice în scoarța terestră pe teritoriul României și a modalităților de exploatare a acestei energii, practic inepuizabilă în stadiul actual al planetei noastre, a înviorat considerabil interesul pentru cercetări fundamentale și aplicative din acest domeniu. Pe de altă parte, procesele geotermale din interiorul Pămîntului, respectiv a mecanismelor de transfer al căldurii interne a planetei spre exteriorul ei, continuă să formeze aspecte specula-

tive ale Geofizicii generale, datorită pluralității posibilităților de interpretare a datelor disponibile. Situația nu se schimbă prea mult dacă referirile se fac numai pentru litosferă (primii 100 km din exteriorul planetei), chiar dacă i s-ar cunoaște suficient de bine distribuția temperaturilor progresiv mai mari cu adâncimea și a cauzelor fizico-geologice care o diferențiază de la loc la loc. În privința mecanismelor de transfer al căldurii interne prin acest înveliș complex extern, s-a convenit a se admite ca principale următoarele două: prin conducție (condiționat de conductivitatea termică a rocilor) și de convecție (întreținut, în zonele adânci, de curenții de convecție din astenosferă, iar în zonele din ce în ce mai apropiate de suprafață de circulația ascensională a fluidelor termalizate, variantă cunoscută și sub denumirea de convecție penetrantă). Desigur, situația se complică dacă înseși aceste date sînt cunoscute doar sporadic.

Dacă ținem seama și de faptul că măsurători directe pentru distribuția căldurii în litosferă sînt limitate doar la adâncimea sondelor celor mai adânci, una, și în prezent singura modalitate de ameliorare a acestei situații este de a privi fenomenul geotermic prin ansamblul interdependenței lui cu alte fenomene fizice terestre care se manifestă în spațiul acestui domeniu planetar. S-a reținut din cele arătate pînă aici, că fiecare categorie din fenomenele geofizice citate oferă semnale semnificative pentru situația geologică din cuprinsul litosferei; rezultă, deci, că o integrare a categoriilor de semnale geologice și geofizice, semnificative pentru fenomenul geotermic, poate conduce la un tablou complex în care sînt asociate conexiunile fenomenului geotermic care, odată desprinse și analizate, îngăduie propria lui înțelegere. Un astfel de model conceptual a fost întreprins pentru studiul geotermalismului și procesului de termalizare a apelor subterane din subsolul României⁹⁴. Autorii lui apreciază că rezultatele obținute au valoarea unui prim stadiu coordonator al etapelor de cercetare viitoare.

⁹⁴ AIRINEI ȘT., PRICAJAN A., BANDRABUR T., *Conceptual pattern concerning the study of geothermalism and the thermalization proces of underground waters in Romania*, Rev. roum. géol., géophys., géogr., Série de Géologie, 20, 1, Bucarest, 1976.

La întocmirea modelului conceptual au participat următoarele categorii de elemente fizico-geologice⁹⁵: anomalii gravimetrice și magnetice regionale (fig. 34, 35, 36, 40), date seismice și electrometrice (fig. 41, 44, 45, 46), date geotermice și de georadioactivitate (fig. 47, 48, 53) și elemente de structură geologică adâncă (fig. 36, 39, 41).

După cum se știe, căldura de origine internă a Pământului crește cu adâncimea, după o regularitate medie (normală) exprimată prin gradientul geotermic sau treapta geotermică. Abaterile de la distribuția normală la oricare nivel de adâncime sînt proporționale cu gradul de eterogenitate a conductivității termice a rocilor și a conținutului lor în substanțe radioactive (știind că dezintegrarea radioactivă este una din sursele energiei geotermice). În funcție de dimensiunile volumelor de conductivitate termică mai mare sau cu un conținut mai ridicat de substanțe radioactive, apar diferențieri notabile în distribuția energiei calorice la niveluri comparabile de adâncime, reflectate prin anomalii geotermice cu grade diferite de regionalitate. Experiența mondială a stabilit unele regularități ale distribuției căldurii interne ajunsă la suprafața solului și exprimată prin flux geotermic, în funcție de caracteristicile marilor structuri ale scoarței: valori mai mici pentru scuturile vechi, compacte și de mare stabilitate; valori mai mari în lungul catenelor de munți tineri, a lanțurilor vulcanice recente și în zonele de oarecare mobilitate, conjugate sau nu cu activitate ignee intrusivă.

În cadrul acestui tablou general al activității geotermice din litosferă, ne-am aștepta ca pe ariile anomaliilor gravimetrice regionale de maxim, care reflectă volume platformice vechi și compacte, fluxul geotermic să aibă valori minime și, dimpotrivă, valori mai ridicate pe teritoriul ocupat de anomalia gravimetrică regională de minim. Or, datele geotermice existente arată că fluxul geotermic prezintă valori ridicate pe unele arii ale litosferei vechi și valori mult mai mici decît media gene-

⁹⁵ Planșa care figurează modelul conceptual fiind prea mare pentru a putea fi reprodusă, vom face apel la figurile din text, cititorul urmînd să recompună singur imaginea integrată la care ne vom referi.

rală ($1,5 \mu\text{cal}/\text{cm}^2 \cdot \text{s}$), pe zone ale Carpaților. Din datele fizico-geologice integrate, rezultă, ca o concluzie generală, că valorile mari ale fluxului geotermic apar acolo unde scoarța terestră este mult subțiată și afectată de cîmpuri de fracturi crustale însoțite de ample ramificații spre suprafață, cu prezențe sau nu de activitate ignee și, probabil, cu o pătură granitică îmbogățită local cu substanțe radioactive și ajunsă mult spre suprafață. Dimpotrivă, valori mici, acolo unde scoarța este îngroșată și nu este afectată de un complex deschis al cîmpurilor de fracturi, iar pătura sedimentară este constituită din roci cu proprietăți termice reduse și cu un conținut scăzut de substanțe radioactive.

Revenind la figura 47, cu zonele geotermice anormale insuficient conturate pe teritoriul României, se pot face următoarele precizări corelative, în completarea celor relatate anterior (3.7.) :

— Zona geotermică anomală de pe aria Cîmpiei de Vest a țării (fig. 48) corespunde la un fundament apropiat de suprafață (între 200 și 4000 m), puternic fracturat de falii regionale și locale sprijinite pe cîmpurile de fracturi crustale G_{12} , G_{11} , G_9 și G'_7 — G_7 . Scoarța terestră este relativ subțire (între 26 și 32 km), iar stratul granitic, de o grosime medie de 10 km și acoperit cu un înveliș relativ subțire din roci metamorfice, este adus mult spre suprafață de blocurile ridicate ale fundamentului. Prezența a șapte corpuri de roci intrusive, reflectate de anomalii magnetice de maxim, mărește gradul de eterogenitate petrografică a scoarței, ceea ce asigură căi suplimentare de conducție pentru energia geotermică. Condiții fizico-geologice favorabile la nord de Oradea și în zona Arad-Timișoara, asigură surplusuri de energie geotermică, diferențiate ca intensitate și reflectate prin anomalii geotermice subregionale și locale analizate anterior (3.7.).

— Zona geotermică anomală din partea centrală a Olteniei și vestul Munteniei este axată pe cîmpul de fracturi crustale G_5 , aliniată în vecinătatea trecerii de la anomalia gravimetrică regională de maxim din sudul țării și aceea de minim din fața Carpaților Meridionali (fig. 35). Anomalia geotermică se suprapune pe o importantă ridicare a fundamentului cristalin („pragul valah”), care încorporează masele intrusive din regiunea

Balș-Craiova și cele de pe aliniamentul Giurgiu-Pitești-Râmnicu Vilcea (fig. 39). Partea nordică a anomaliei geotermice este intersectată de cîmpul de fracturi crustale G_{14} , pe care se sprijină numeroase falii locale de orientare SV—NE, dintre care fac parte și cele care au condiționat formarea grabenului din lungul văii Cernei, cu numeroase emergențe naturale de ape termale sau deschise cu sonde.

— Zona geotermică anomală din partea de nord-est a Cîmpiei Române se află situată pe zona de trecere de la anomalia gravimetrică regională de maxim din Dobrogea, la anomalia de minim din fața curbării Carpaților Orientali. Este intersectată de cîmpurile de fracturi crustale G_4 , G_2 și G_{15} , de cîmpurile de fracturi ale intruziunilor prehercinice Constanța-Buzău și cele hercinice din Dobrogea de nord și de fractura regională Fălciu-Hirșova de orientare N—S. Sistemul de fracturi adînci constituie cadrul în care se dezvoltă ample ramificații de falii care afectează fundamentul și cuvertura sedimentară.

— Zona geotermică anomală din fața curbării Carpaților Orientali este situată pe axa anomaliei gravimetrice regionale de minim, pe aria de maximă seismicitate a teritoriului României, respectiv pe proiecția la suprafață a „planului de subducție” pe care sînt distribuite cutremurele de pămînt vrîncene (fig. 7 și 43).

— Zona geotermică anomală schițată la est de Adjud, este situată pe aria de minim dintre cele două anomalii gravimetrice regionale de maxim din estul României, corespunzătoare Depresiunii Birladului, cu fundament eterogen, inclusiv mase intrusive, puternic fracturat de falii regionale, locale și de cuvertură dezvoltate între cîmpurile de fracturi crustale G_2 , G_3 și G_{15} .

— Zona geotermică anomală situată la nord de Bacău se află în lungul cîmpului de fracturi crustale G_2 , pe care se sprijină numeroase falii de fundament și cuvertură (fig. 51 și 52), în spațiul de trecere de la anomalia gravimetrică regională de maxim din Moldova de NE, la anomalia de minim a Carpaților Orientali.

— Zona geotermică anomală din partea vestică a Carpaților Orientali se află pe limita estică a maximumului gravimetric din hinterlandul carpatic; este axată pe aliniamentul vulcanismului neogen Harghita-Căliman (G_{13})

și corespunde unui fundament metamorfozat ridicat parțial pînă la suprafață și compartimentat longitudinal de fracturile crustale G_8 și G_9 , pe care se sprijină un ansamblu complex de falii regionale, locale și de cuvertură.

— Zona geotermică anomală de la Mangalia se situează pe apofiza sud-estică a anomaliei gravimetrice regionale de minim, prinsă între anomaliiile de maxim din sudul țării și din Dobrogea, fiind intersectată de numeroase falii locale și de cuvertură care se sprijină pe cîmpul crustal G_5 . Zona geotermică se suprapune pe aria seismică locală, pe care o urmărește spre sud-est pe platforma continentală a Mării Negre.

— Zonele geotermice anormale din Depresiunea Transilvaniei (zona Cetatea de Baltă și zona Mociu), de-abia schițate, sînt situate spre limita vestică a mării anomalii magnetice pozitive din centrul bazinului, ca mărturie a unei vaste, intense și îndelungate activități ignee, dublată de o anomalie gravimetrică subregională de maxim, ca efect al ridicării în horst a fundamentului metamorfozat. Ambele zone sînt axate pe fractura vestică a acestui horst.

Anterior, în 3.7., s-a arătat că aproape toate emergențele de ape termale, inclusiv cele deschise prin sorde, sînt situate pe ariile zonelor geotermale anormale, de unde rezultă desfășurarea procesului de termalizare a apelor de circulație subterană, în funcție de condițiile hidrogeologice și hidrodinamice locale.

Startul integrării elementelor fizico-geologice considerate, stă în postularea că distribuția energiei geotermice în interiorul litosferei corespunzătoare teritoriului României reprezintă un tablou complex și strîns corelat cu elementele structurale majore care o compun și o caracterizează. Pe un fond de distribuție normală a căldurii interne a planetei, de la suprafață spre zonele adînci, se suprapun numeroase acumulări suplimentare de energie geotermică, diferențiate ca extindere și intensitate, ca o consecință a transferului neuniform de căldură internă spre suprafață, în funcție de conductivitatea termică a rocilor, a conținutului variabil în substanțe radioactive a rocilor din componența litosferei și a gradului de circulație ascendentă a fluidelor termalizate în zonele adînci pe care le ating pe ramura lor descendentă. Calitativ, demonstrația a fost realizată în

măsura conexiunilor care s-au putut stabili între fenomenul geotermic și celelalte fenomene fizico-geologice puse în discuție.

Modelul conceptual schițat este susceptibil de îmbunătățiri continui. El obligă la cunoașterea sistematică a conductivității termice și a radioactivității rocilor din componența litosferei și la studii mai ample și mai susținute privind termometria de sondă. Obligă în aceeași măsură, la integrarea permanentă a tuturor informațiilor fizico-geologice noi, în vederea conturării cât mai strâns posibil a volumelor din litosferă în care energia geotermică se acumulează preferențial și cât mai spre suprafață. Economicitatea exploatarei energiei geotermice pe această cale a cunoașterii, apare cu evidență.

4.4. Tentative de încadrare a teritoriului României în conceptul tectonicii plăcilor

Conceptul de tectonică globală a plăcilor litosferice — întrevăzut de B. Franklin (1782), așezat pe principii moderne de J. T. Wilson (1965), dezvoltat în sens cantitativ de D. P. McKenzie (1967), J. W. Morgan (1968) și mereu îmbogățit de mulți alții —, se referă la împărțirea litosferei într-un număr de plăci rigide care se deplasează pe orizontală într-un sistem geodinamic, la scară planetară, în interacțiune la limitele care le separă și unde produc, prin deplasarea lor relativă, o intensă activitate seismică și tectonică. Într-un model simplificat, plăcile nu se deformează în mișcarea lor orizontală, exceptând limitele (marginile) lor, care, la rîndu-le, se prezintă sub trei aspecte : ridicări (cînd au loc adăunări de crustă nouă), fose (cînd una din plăci este subdusă și retopită în astenosferă) și falii majore (în general, de alunecare, numite și falii de transformare). Limitele plăcilor sînt greu de precizat cînd traversează continentele, datorită, mai ales, existenței microplăcilor care se deplasează mai rapid (în sens geologic !) în raport cu mișcarea mai lentă a plăcilor mari care le înconjoară și le distrug. Marginile plăcilor cu un trecut geologic vechi, sînt marcate de aliniamente de ofiolite, de sisteme orogenice și de falii de tip ciocnire-alunecare.

În acest context general de prefaceri fundamentale în geologia regională și planetară, potențialul faptic și cel de creație acumulat de literatura românească de specialitate geologică și geofizică, era pregătit la începutul deceniului al optulea, pentru încercări de încadrare a teritoriului României în conceptul tectonicii plăcilor.

Cei mai mulți cercetători angajați în probleme legate de expansiunea fundului oceanic și de tectonica plăcilor, sînt preocupați de descifrarea și cunoașterea cît mai completă și unitară a planului de situație actual cu privire la formarea, distribuția evolutivă și mișcarea plăcilor litosferei. Momentul geologic de început al planului de situație actual sau ciclului actual corespunde deschiderii dorsalei medio-atlantice care a avut loc cu circa 200 milioane de ani înainte, între triasicul superior și jurasicul inferior. Or, scoarța terestră există de cel puțin 4 miliarde de ani înaintea jurasicului, timp în care este de admis că litosfera a evoluat în cadrul altor sisteme cu distribuții și mișcări ale plăcilor crustale. Oriunde sînt volume de roci mai vechi decît cele jurasice, sîntem invitați să gîndim și să ne punem întrebarea : din ce „resturi de plăci crustale“ fac parte aceste volume și la ce mișcări au fost supuse plăcile originare înainte și după formarea lor ? De la această întrebare nu se poate sustrage nimeni care va opera cu probleme de tectonica plăcilor pe teritoriul României, dar nici nu va putea dezlega ansambluri de evenimente mai vechi, înainte de a ști cît mai bine cum s-au petrecut lucrurile din jurasic pînă în zilele noastre, în cadrul planului de situație actual al mișcării plăcilor crustale. Varietatea mare a rocilor, ca litologie și vîrstă, complexitatea structurilor în care sînt așezate, este o dovadă a deosebitei diversități de evenimente geologice care au cuprins, în succesiunea lor, teritoriul României, din precambrian pînă în prezent. Hărțile geologice de ansamblu — cum ar fi : *Harta tectonică* (I. Dumitrescu și colab., 1962) ; *Harta structurii geologice adînci* (I. Gavăț și colab., 1965) ; *Harta terenurilor cristaline* (D. Giușcă și colab., 1969) ș.a. —, conțin asemenea elemente și fiecare a sugerat sau a susținut o cale de înțelegere a filmului istoric pe care îl derulează, conjugînd sau nu caracteristicile marilor unități geologice cunoscute, cu aspectele geofizice specifice lor.

Caracteristicile tectonice dominante ale unităților structurale majore ale teritoriului României sînt impuse de ciclurile orogenice alpine-carpătice (2/3 din formațiunile geologice care acopăr suprafața țării, sînt „regenerate” de procesele acestor mișcări). Situația impune ca studiul tectonogenezei teritoriului României, să se facă în contextul istoric al mișcării plăcilor majore est-europăeană și africană, precum și în cel al evoluției Mării Tethys, ale căror evenimente au controlat procesele globale ale orogenezei carpato-alpine. Lucrarea fundamentală cu privire la cinematica plăcilor (X. Le Pichon, 1968), relevă că limita dintre plăcile europene și africane este, în regiunea Mediteranei, de tip compresional. Ulterior, studii regionale cuprinzînd bazinul mediteranean (relict al Mării Tethys), au înglobat și teritoriul României (P. D. McKenzie, 1970, 1972; M. J. Lort, 1971; C. Roman, 1970, 1971, 1973; F. J. Dewey și colab. 1973 ș.a.). În ceea ce ne privește, aceste lucrări au scos în evidență, pentru acest spațiu, existența mai multor microplăci (uneori numite sub-plăci sau blocuri), dealtminteri controversate, plasate între plăcile majore euroasiatică și africană, și care au jucat, în cadrul modelelor concepute, un rol activ în evoluția planului de situație actual: microplaca turcă, în mișcare dinspre SE spre NV; microplaca Mării Negre, cu o mișcare sensibil asemănătoare precedentei; microplaca moesică, cu mișcare oscilantă de la sud spre nord sau spre vest; microplaca transilvană, inactivă sau în mișcare lentă spre SE ș.a.

În acest cadru general s-au dezvoltat ideile și tentativele românești pentru încadrarea teritoriului României în conceptul tectonicii plăcilor⁹⁶.

Tentative geologice. Vom prezenta, foarte pe scurt, primele trei modele care polarizează o bună parte din elementele geologice pretabile valorificării lor în conceptul tectonicii plăcilor.

— Modelul D. Rădulescu și M. Săndulescu⁹⁷ pleacă de la prezența pe aria carpatică a două zone liniare cu

⁹⁶ AIRINEI ȘT., *Idei privind încadrarea teritoriului României în conceptul tectonicii plăcilor*, Stud. cerc. geol., geofiz., geogr., Geofizica, 14, pp. 27—37, București, 1976.

⁹⁷ RĂDULESCU P. D., SĂNDULESCU M., *The plate-tectonics concept and the geological structure of the Carpathians*, Tectonophysics, 16, 155—161, Amsterdam, 1973.

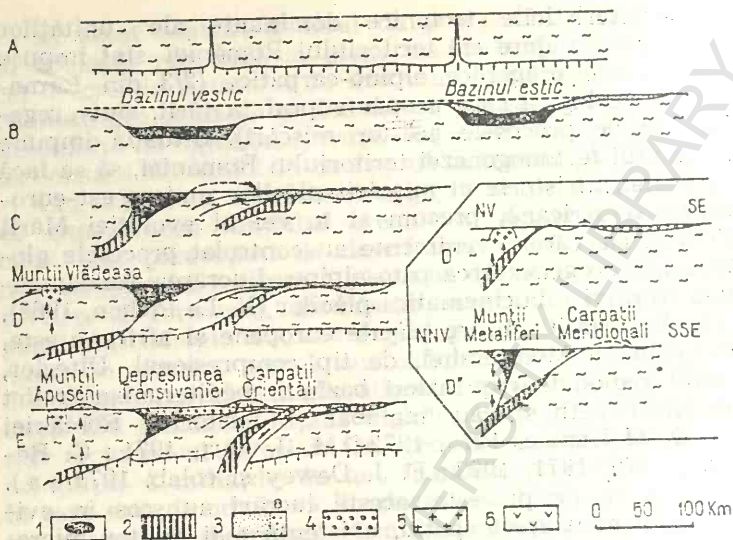


Fig. 58. Evoluția geologică a ariei carpatice (după D.P. Rădulescu și M. Săndulescu, 1973):

1, crustă de tip oceanic, posibil cu sedimente asociate; 2, crustă de tip oceanic subdusă; 3, fliș est-carpatic (a = zona straturilor de Sinaia); 4, molasa; 5, roci banatitice; 6, vulcanism tînăr; A, în triasicul inferior; B, în jurasic; C, în jurasicul mediu; D, în cretacicul superior; E, în miocen.

benzi aproape paralele de roci bazice și ultrabazice, cu roci de compoziție intermediară și de vulcanite: una, în Carpații Orientali, alta, în Munții Apuseni (fig. 58). Vîrsta secvenței rocilor eruptive a îngăduit autorilor să prezume deschiderea, în triasic, în partea de sud-vest a continentului euroasiatic, a două rupturi crustale care au condus, prin expansiune, la formarea a două bazine intracontinentale cu fund de tip oceanic, unul estic, pe aria Carpaților Orientali și altul vestic, pe aria Munților Apuseni și care au evoluat pînă în cretacic. În acest interval de timp, au fost depuse sedimente carbonatate și de fliș, pe marginile continentale ale bazinelor. Începînd din cretacicul mediu, blocurile sialice tind să se apropie progresiv, timp în care are loc și prima deformare mecanică importantă în spațiile ambelor bazine. În cel vestic, rocile bazice împreună cu sedimentele sînt ejectate bilateral; bazinul s-a închis, în principal prin deformări mecanice și subordonat prin sub-

ducție. În cel estic, procesul de subducție a fost contemporan cu apropierea blocurilor sialice. Subducția continuă în ambele zone și este responsabilă de cutarea și formarea tuturor sistemelor de pînze și solzi din Carpații Orientali și din Munții Apuseni. Aliniamentele de roci bazice și ultrabazice reprezintă resturi din fundul oceanic al bazinelor; rocile intermediare (banatitele) au fost generate din fragmente de fund oceanic subduse și contaminate; vulcanismul neogen este produs de magmele formate în zonele adinci, prin retopirea rocilor din fruntea plăcii subduse, de compoziție mixtă, oceanică și sialică. Figura 58 derulează cinci clișee din filmul evoluției conținut de model. Reconstituind evoluția geologică a ambelor bazine intracontinentale, autorii admit că elementele esențiale ale structurilor geologice actuale nu intră în contradicție cu ipoteza lor, deși ariile de sedimentare au evoluat pe o crustă de tip oceanic.

Unul din autori (D. P. Rădulescu, 1976), completează modelul cu explicații noi (în principal geologice, sporadic și geofizice), atît în ceea ce privește cadrul general în care s-au succedat evenimentele descrise, cît și în legătură cu unele aspecte ale vulcanismului de subducție (banatitic și neogen).

— Modelul M. Bleahu și colaboratorii⁹⁸ dezvoltă și detaliază un concept expus într-o altă lucrare (M. Boccaletti și colab., 1973), plecînd de la ideea că evoluția teritoriului carpatic s-a produs înainte și după miocen, într-o serie de zone structurale care pot fi identificate cu regiuni caracteristice arcelor insulare actuale: fund oceanic, jgheab oceanic, arc cutat, arc magmatic, bazin retroarc și țărm continental (enumerate dinspre ocean spre continent). Modelul admite că arcul carpatic face parte din sistemul de arce alpine și că, în acest ansamblu, este produsul coliziunii între un arc insular și continent. Pentru susținerea acestei idei, zonalizarea (exprimată în fig. 1 a lucrării), ar fi următoarea: Platforma Moldovenească cu țărmul continental spre SV; limita exterioară a țărmului ar corespunde limitei interne a fostului jgheab; arcul muntos cutat însoțit spre

⁹⁸ BLEAHU M., BOCCALETTI M., MANETTI P., PELTZ S., *Neogen Carpathian arc: a continental arc displaying the features of an 'Island arc'*, Jour. Geophys. Res., 78, 23, 5025—5032, Richmond, Virginia, USA, 1973.

interior de masivele cristalin-mezozoice ; arcul magmatic calc-alkalin cu bazalte alcaline cuaternare și bazinele marginale transcarpatice (bazinul transilvan, ca interarc și bazinul panonic, ca retroarc). În situația actuală, elementele care pot fi distinse, sînt : arcul magmatic și bazinele retroarc transcarpatice. Fundul oceanic a fost distrus de subducție ; ceea ce se vede este partea continentală a plăcii care a determinat coliziunea. Jghebul oceanic este reprezentat de produsele coliziunii sialice, subzistind sub forma unui șanț adînc umplut cu sedimente și reflectat de anomalia gravimetrică regională de minim (fig. 35). Arcul magmatic este format din benzi de roci calc-alkaline mio-pliocene și mai vechi, situat între arcul cutat carpatic și bazinul retroarc. În cuaternar, cînd vulcanismul se stinge, retrobazinul devine sediul unui vulcanism alcali-bazic, asociat cu o expansiune locală. Bazinele retroarc carpatic, transilvan și panonic, s-au format în urma unor expansiuni locale ale crustei, din terțiarul superior în cuaternar.

Pentru acest tablou de fapte interpretate, autorii admit următoarea secvență de evenimente : crusta primară cu caracter oceanic situată către continente, a fost subdusă pînă la adîncimi de 130—180 km, unde prin retro-pire s-a produs magma calc-alkalină care a erupt în spatele arcului carpatic cutat, formînd arcul carpatic magmatic. Continuarea subducției a cauzat o expansiune locală în bazinul retroarc transilvan, însoțită de o erupție de magmă bazaltică, activînd, în plus, subducția din Munții Apuseni. În consecință și în acord cu mecanismul prezumat al formării bazinelor retroarc marginale din vestul Pacificului, eforturile acestor evenimente au fost transmise în vest, unde, datorită unei extensiuni locale mai ample, ia naștere bazinul retroarc panonic.

— Modelul N. Herz și H. Savu⁹⁹, conceput pentru un cadru teritorial mai larg, este susținut de o analiză mai detaliată și mai documentată geologic și care tratează, în principal, desfășurarea evenimentelor de tectonică globală pe teritoriul României din triasic pînă în prezent și, subsidiar, marșează cu unele considerații către evenimentele de același tip din pre-triasic. Plecînd

⁹⁹ HERZ N., SAVU H., *Plate tectonics history of Romania*, Geol. Soc. Am. Bull., 85, 1429—1440, Washington D. C., USA, 1974.

de la un „început“ deschis încercărilor, autorii ajung la un model care se apropie vădit de primul descris anterior. Stratul faptic al lucrării, mutual convenit, stă în conținutul hărții tectonice a României (1962), conținut privit într-un context mai larg (schematizat în fig. 1 și 2 ale lucrării). Se scoate în evidență că structogenul carpatic se află între două platforme, Moldovenească și Moesică, și că lanțurile de munți circumscriu două blocuri rigide (unul, în substratul bazinului transilvan, altul, în substratul bazinului panonic). Autorii au în vedere, în plus : existența tranzitorie a opt microplăci crustale situate între Eurasia și Africa, pe aria Mediteranei (Marea Tethys), că Marea Tethys a început să se închidă odată cu deschiderea Atlanticului și că zonele aliniate ale vulcanismului intermediar și acid, acompaniate de focare seismice adânci, reprezintă zone active de subducție a plăcilor oceanice.

Filmul evoluției plăcilor pe teritoriul României este văzut în felul următor : pînă în precambrianul recent, ambele platforme erau unite și formau continentul Arhaic-Carelian, cînd începe o evoluție geologică independentă care durează întregul paleozoic. În triasicul mediu apar în Carpații Orientali și în Dobrogea, roci bazice ca parte a unei centuri vaste, produse pe o distensiune crustală extinsă între vestul Carpaților și Caucaz (parțial reprodusă în fig. 4 a lucrării). Separarea plăcilor a condus la instalarea Oceanului Siret care ocupa la începutul cretacicului, întregul spațiu larg de cîteva sute de kilometri, dintre Platforma Moldovenească și Panonia. În jurasic începe sedimentarea în regim de apă adîncă, în faciesuri transgresive, exceptînd zonele de expansiune din Oceanul Siret și aria proto-Apusenilor, unde se depun intercalații de ofiolite și se formează radiolarite. Expansiunea încetează în cretacicul inferior iar microplăcile din acest domeniu își schimbă sensul de mișcare către cratonul stabil din NE, adică spre Platforma Moldovenească, producînd o subducție generală în regiunea carpatică. Ofiolitele din Apuseni sînt obduse, respectiv încorporate în crusta continentală. La finele cretacicului, Oceanul Siret este în parte subdus sub Carpați și va dispărea progresiv sub placa panonică, în timp ce blocul dinaric începe un proces de subducție sub Moesia. În același timp începe să se formeze

structuri în pinze și vulcanism sialic între Moesia și Panonia, între mărele Tethys și Panonia, și între Panonia și Oceanul Siret (situații exprimate în fig. 5 și 6 ale lucrării). Autorii fac prezumția că Munții Apuseni, inițial așezați în sistemul de expansiune al Dinarizilor, au fost transportați câteva sute de kilometri de la vest spre est, pînă în poziția lor actuală, în lungul unor falii de transformare, suportînd totodată și o mișcare de rotație în raport cu poziția lor originală.

În paleogen se dezvoltă ca rezultat al convergenței plăcilor Rodope și Moesia, o centură de roci calc-alcaline (banatitele), în vestul României și în Balcani (R. P. Bulgaria), dispuse în structuri plutonice, subvulcanice și vulcanice. În același timp, placa Tethys este subdusă în continuare sub placa Moesia, urmată de o coliziune continentală între Moesia și Panonia, responsabilă de ridicarea Carpaților Meridionali. Evenimentele viitoare sînt dominate de vulcanismul neogen și de depunerea molasei, ambele dezvoltîndu-se în fazele de sfîrșit ale subducției plăcilor și ale coliziunii.

Deși lucrarea utilizează numeroase date geologice (expuse analitic și sintetic în fig. 7—12 ale lucrării), autorii sînt constrînși să recunoască lipsa unora, în special acelea capabile să documenteze mișcările de detaliu ale microplăcilor. Este pentru prima dată cînd sînt invocate în textul lucrării, cuvintele de „date geofizice”, fiind vorba de cele paleomagnetice, încă neexistente și care ar fi fost absolut necesare pentru a „aduce lumină” în această problemă cheie a ansamblului.

Elemente geofizice și tentative sprijinite pe ele. Deși existente, unele dintre ele cu mult înainte de elaborarea teoriei tectonicii plăcilor, numeroasele elemente geofizice specifice problemei, nu au fost integrate decît sporadic în modelele geologice existente.

Un caz tipic îl prezintă semnalarea de către M. Solescu și colab.¹⁰⁰, a prezenței probabile, pe teritoriul României, a două fracturi crustale de tip Benioff, prezență argumentată de anomalii izostatice regionale și de formele morfologice de ondulații majore meridionale ale discontinuității Moho. Sub Depresiunea Transilvaniei se află o ondulație pozitivă, cu caracter anizosta-

¹⁰⁰ Op. cit. nota infrapaginală 65 (p. 127).

tic, indicînd subțierea scoarței terestre pînă la mai puțin de 30 km, încadrată spre est și vest de ondulații negative, ambele cu caracter dinamic în ceea ce privește echilibrul izostatic, care reflectă îngroșarea scoarței cu peste 10 km. Ondulațiile negative corespund ariilor muntoase ale Carpaților Orientali și Munților Apuseni; în ambele cazuri, păturile scoarței apar secționate de falii de tip Benioff (de fapt, un pachet de falii care afectează o zonă cu grosimi ce pot atinge zeci de kilometri). Cele două falii sînt aproape paralele, au o orientare generală NV—SE și se afundă de la NE spre SV cu un unghi de aproape 30°. Suprafețele de tip Benioff reprezintă zone de slabă rezistență, iar în profunzime, la baza scoarței, intersectează regiuni magmatice, favorizînd formarea de bazine magmatice adînci și în vecinătatea discontinuității Conrad (în scoarță, între păturile granitică și bazaltică). Pentru exemplificare reproducem în figura 59, două segmente (Reghin—Ditrău—Piatra Neamț

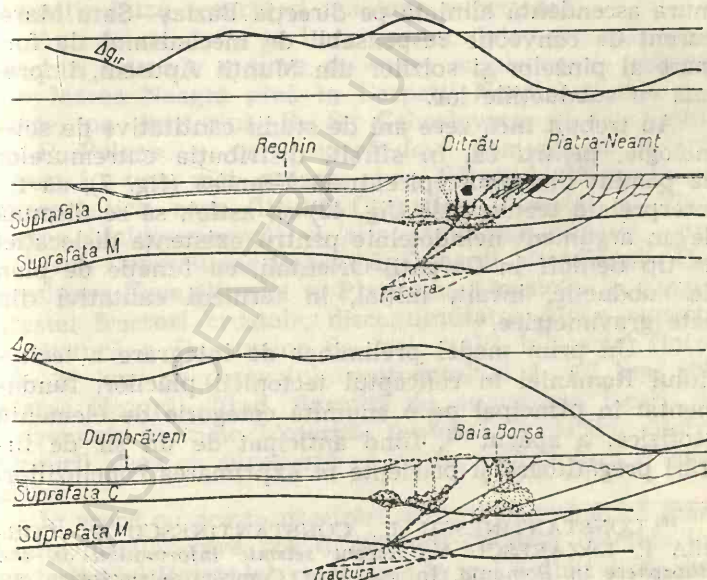


Fig. 59. Secțiuni prin crusta terestră sugerate de profilele anomaliilor izostatice regionale (Δg_{1r}), cu falii de tip Benioff și suita de evenimente asociate acestora (după M. Socolescu și colab., 1964).

și Dumbrăveni—Baia Borșa) din două secțiuni prin scoarța terestră (extinse între Chișineu Criș-Buhuși și Baia Sprie-Berca). Pe ambele segmente se observă ridicarea discontinuității Moho sub Depresiunea Transilvaniei și inflexiunea ei sub Carpații Orientali, ca urmare a unei solicitări tangențiale complexe. Orogenul carpatic s-a dezvoltat la partea superioară a scoarței, deasupra faliei de tip continental (Benioff), sector care reflectă și caracterul mecanismului deformării. Cinematica evenimentelor geologice petrecute în acest sector al scoarței a permis formarea unor cîmpuri de fracturi sub unghiuri din ce în ce mai mari, pînă la verticală, în lungul cărora s-au pus în mișcare magmele subcrustale, contaminînd scoarța, formînd bazine magmatice secundare la nivelul discontinuității Conrad și punînd în loc mase mari subvulcanice și vulcanice de vîrste și de compoziții diferite. Autorii consideră că structura scoarței terestre din vestul țării, se află în strînsă corelare cu existența unui curent de convecție subcrustal, cu ramura ascendentă aliniată pe direcția Baziaș—Satu Mare, curent de convecție responsabil de mecanismul de formare al pînzelor și solzilor din Munții Apuseni, împreună cu subducțiile lor.

Au trebuit încă zece ani de studii cantitative de seismologie, pentru ca, în sfîrșit, distribuția cutremurelor de pămînt din zona epicentrală Vrancea (fig. 7), să fie interpretată tectonofizic (fig. 43) și, astfel, să se dispună de un argument neîndoielnic pentru existența dislocației de tip Benioff în Carpații Orientali, cu funcție de plan de subducție, intuit, inițial, în termeni calitativi din date gravimetrice.

— Un prim model preliminar de integrare a teritoriului României în conceptul tectonicii plăcilor, fundamentat în principal pe o anumită categorie de elemente geofizice, a apărut¹⁰¹, fiind anticipat de un șir de lucrări pregătitoare și prudente în exprimarea concluziilor.

¹⁰¹ CONSTANTINESCU L., CONSTANTINESCU P., CORNEA I., LĂZĂRESCU V., *Recent seismic information on the lithosphere in Romania*, în vol. lucr. Comisiei seismologice europene (a XIV-a Adunare Generală, Trieste, 16—22 septembrie 1974), editat de Nationalkomitee für Geodäsie und Geophysik bei der Akademie der Wissenschaften der Deutschen Demokratischen Republik, pp. 411—415, Berlin, 1975.

Materialul geofizic folosit ca bază de concepere a modelului, constă din rezultatele seismice pentru studiul scoarței terestre (seismologia cu sursă controlată), integrate rezultatelor de același tip obținute pe teritoriile statelor vecine, inclusiv cele de pe Marea Neagră. Imaginea scoarței terestre din România, concepută într-o primă aproximație pe baza acestor date, relativ complexă, este caracterizată prin prezența celor trei păături care o constituie, intersectate de numeroase fracturi care divid scoarța în blocuri distinct caracterizate. Adâncimile suprafețelor de separație a păturilor, oscilează în limite relativ largi: 1—17 km, pentru suprafața fundamentului cristalin; 15—27 km, pentru suprafața stratiului bazaltic (discontinuitatea Conrad nu poate fi urmărită continuu din cauza particularităților, de tranziție, pe care le are pe întinderi relativ mari); 24—54 km, pentru discontinuitatea Moho (care nu apare totdeauna ca o limită unică, ci, ca o succesiune de 2—3 suprafețe seismice, relativ apropiate între ele, marcând zone de tranziție între scoarță și mantaua superioară).

Autorii constată, pe baza acestor date, prezența unei fracturi crustale majore de mare amploare — extinsă din Marea Neagră pînă în Carpații Nordici și mai departe, pe teritoriul R. S. Cehoslovace și în vestul R. P. Polone —, care separă două domenii de scoarță terestră: una mai groasă, spre NE (sub Depresiunea Precarpatică, zona flișului Carpaților Orientali și Platforma Moldovenească) și alta mult mai subțire, spre SV (sub Depresiunea Panonică, Carpații Meridionali, Depresiunea Transilvaniei și Platforma Moesică). În lungul acestei fracturi crustale, discontinuitatea Moho suportă o săritură a flancurilor de mai mulți kilometri (între 10—20 km, pe domeniul continental și 1—10 km, sub Marea Neagră), fiind însoțită de numeroase focare de cutremure normale (datorită, probabil, frecărilor dintre blocuri), ceea ce sugerează că ea reprezintă încă o zonă activă.

În acord cu aceste precizări, autorii presupun că marginile plăcilor care pot fi recunoscute prin efectele lor pe teritoriul României, corespund la trei unități distincte: placa est-europeană, subplaca moesică și subplaca interalpină cu sectoarele transilvan și panonian (fiecare dintre ele constituind, probabil, un conglomerat de plăci

mai vechi). Marginea plăcii est-europene traversează teritoriul României pe direcția NV—SE, în lungul căreia se recunoaște o descreștere abruptă sau în trepte, a grosimii scoarței terestre, cu o rație crescătoare dinspre Marea Neagră spre Carpații Nordici. În lungul marginii plăcii, caracteristicile geologice ale contactului se modifică de la încălecări scurte, în SE, spre pînzele spectaculoase din NV, reflectînd, în felul acesta, intensități diferite pentru istoria trecută a procesului subducției.

Contactul subplăcilor interalpină și moesică prezintă în regiunea triconfină Vrancea, relații clare de subsidiță. În stadiul actual, aceste relații sînt estompate spre vest, unde, foarte probabil, ambele subplăci sînt sudate, după cum indică poziția focarelor cutremurelor intermediare și normale, în lungul faliilor intracrustale. Totuși, subplăcile nu se comportă monolitice; comportamentul lor sugerează mișcări relative între blocurile care le compun. Caracterul activ al subducției din Vrancea, influențat de contactul cu placa esteuropeană, este sugerat de planul Benioff desemnat de focarele intermediare și de soluțiile planelor falie din această regiune (fig. 43). Mozaicul de fracturi din fața arcului carpat, reprezintă, indirect, efecte ale procesului de subducție, generat, la rîndul lui, în mantaua superioară.

Autorii consideră tentativa lor de interpretare în termenii tectonicii plăcilor, a datelor experimentale de care s-au servit, că este un început care îi obligă la polarizarea de noi informații experimentale și la îmbogățirea cu idei noi a modelului inițiat.

— La activitatea seismică și la caracterul dinamic al echilibrării izostatice asociată undulațiilor negative ale discontinuității Moho de sub Carpații Orientali și Munții Apuseni, se poate adăuga un alt argument care susține caracterul activ al procesului de subducție angajat pe cele două plane Benioff, acela oferit de activitatea postvulcanică din ambele regiuni. Distribuția manifestărilor postvulcanice (emanații mofetice și solfatariene, termalitate și precipitare de roci carbonatate tinere) se explică prin frecvența ramificațiilor pînă la suprafață, a cîmpurilor de fracturi crustale dezvoltate pe planele Benioff și în legătură cu procesul subducției din ambele segmente muntoase.

— *Harta structurii geologice adânci a teritoriului României* (I. Gavăt și colab., 1963) este un document cu multe elemente geofizice care poate interesa orice model privind tectonica plăcilor. Este vorba, în primul rînd, de ansamblul cîmpurilor de fracturi crustale care polarizează, fiecare dintre ele, succesiuni de evenimente geologice din timpuri foarte vechi pînă la foarte recente.

— Elemente geofizice semnificative din punctul de vedere care ne interesează, conțin și un grup de lucrări relativ recente elaborate de M. Socolescu și R. Ciocârdel, cum ar fi cele care aduc contribuții importante la cunoașterea evoluției scoarței terestre din România (1969), a structurii crustale și subcrustale a părții sudice a Carpaților Orientali (1971) și a unor aspecte de geodinamică a ariilor din spațiul Carpato-Balcano-Dinarizilor, precum și cel al Mediteranei centrale (1972). În aceste lucrări se vorbește despre blocuri crustale, despre mișcările lor dirijate de energii produse de curenții de convecție subcrustali cu sediul în stratul cu viteză redusă din mantaua superioară, de dinamica mantalei superioare în timpul orogenezei alpine, de fenomene astenolitice și de subducție, precum și de rolul echilibrării izostatice a maselor subîmpinse. Rol important este acordat ampleror mișcări de derivă continentală (a Platformei Podolice și a Scutului African), precum și fracturilor crustale în procesul evoluției crustei și a fenomenelor magmatice. Modelele ipotetice întocmite și discutate în aceste lucrări, admit existența a trei curenți de convecție subcrustali: unul situat în substratul spațiului intermontan al Depresiunii Transilvaniei, altul la est de Carpații Orientali și ultimul la vest de Munții Apuseni.

Această trecere în revistă nu epuizează elementele geofizice de interes cunoscute, elemente care au fost asociate și discutate în modele geologice de autorii care le-au pus în evidență. Ele reprezintă etape de gîndire geologică și nu pot fi, nici într-un caz, neglijate de tentativele de integrare a teritoriului României în conceptul tectonicii plăcilor.

Incursiune în pre-jurasic. Dobrogea oferă prilejul cel mai direct de incursiune „la zi” în pre-jurasic. Eroziunea a păstrat încă puține resturi din formațiunile jurasice care acoperiseră, probabil, suprafețe întinse în

Dobrogea centrală și de nord ; în Dobrogea de sud, formațiunile jurasice, cîte au mai rămas, sînt acoperite cu depozite mai tinere, de la cretacice la mio-pliocene. Formațiunile mai vechi decît jurasice, din toată Dobrogea, sînt compartimentate în cinci blocuri distinct caracterizate geologic, de patru cîmpuri de fracturi crustale, toate de vîrstă prejurasică și care se prelungesc atît la vest și nord-vest, în Cîmpia Română și Moldova, cît și în platforma continentală a Mării Negre (fig. 38). În Moldova, trei dintre ele se apropie sau ating cîmpul de fracturi crustale meridional (G_7-G_3) care împarte median teritoriul țării. În situația geologică actuală, cîmpurile de fracturi crustale dobrogene apar ca zone de sudură între compartimente de platforme (cratoni) adăugate succesiv la soclurile arhaice moesic și podolic (cratonul baikalian între G_5 și G_4 ; cratonul șisturilor verzi între G_4 și G_2 ; cratonul hercinic între G_2 și G_{15} ; din nou craton baikalian între G_{15} și G_3). Cercetările geologice semnalează că mobilitatea zonelor cîmpurilor de fracturi crustale s-a stins gradat de la sud spre nord, că au existat momente geologice de reluare a mobilității uneia sau alteia și că ele aparțin la un plan structural pre-jurasic.

Se înțelege că primii pași pentru încadrarea evenimentelor prejurasice din Dobrogea, în conceptul tectonicii plăcilor, sînt de făcut pentru a le semnală și a le atribui semnificații adecvate. În acest cadru, cele patru cîmpuri de fracturi crustale dobrogene, aproape paralele, sugerează apartenența lor la un sistem de falii de transformare de vîrstă pre-jurasică, sistem care a afectat depotrivă, atunci, domeniile oceanic și continental adiacent¹⁰². Caracterul de falii de transformare le este susținut și de natura geologică diferențiată a compartimentelor pe care le separă, ca și cînd acestea au alunecat în lungul planelor de falii unele în raport cu altele. Este greu de răspuns unde se află zona de expansiune oceanică care le-a generat și care, atunci, delimita placa din care făceau parte. În orice caz, este vorba de o expansiune din aria fostei Mări Tethys. Cîmpul de fracturi

¹⁰² AIRINEI ȘT., *L'appartenance de quatre dislocations crustales dobrogéennes à un probable système préjurassique de failles de transformation*, Rapp. proc.-verb., CIESM, XXII, Fasc. 2 a, 158—159, Monaco, 1973.

crustale G₇—G₃, probabil foarte vechi și el, aparține de asemenea unui plan structural pre-jurasic. Segmentul din vestul țării a fost remobilizat post-triasic; a suportat o largă deschidere (expansiune), când s-au depus ofiolitele din sectorul vestic al văii Mureșului și a re-devenit, ulterior, aliniament de coliziune între plăcile sau microplăcile din sud și din nord.

Figura 38 arată că trei dintre cîmpurile de fracturi crustale dobrogene (G₄, G₂ și G₁₅) intersectează corpul crustal greu reflectat de anomalia gravimetrică regională de maxim din Dobrogea (fig. 35) și care, în conceptul tectonicii plăcilor, argumentează existența prezumată a microplăcii Mării Negre. Cum, spre suprafață, blocurile dintre cîmpurile de fracturi crustale sînt cratoni, deci elemente pe limitele plăcilor sau microplăcilor vechi, se poate deduce că microplaca Mării Negre este, în situația actuală, un aglomerat de microplăci vechi, alunecate sau sudate pe cîmpurile de fracturi crustale G₅, G₄, G₂, G₁₅ și G₃. În situația aceasta, caracterul activ al subducției din zona epicentrală Vrancea este impus direct de mișcarea mai rapidă a microplăcii Mării Negre, împinsă, la rîndul ei de microplaca turcă, cunoscută ca avînd viteza de deplasare cea mai mare din tot estul bazinului mediteranean, în timp ce placa est-europeană și microplăcile moesică și interalpină comprimă din trei direcții diferite substratul curburii Carpaților Orientali, ca într-o menghină cu trei fălci (fig. 60)¹⁰³.

Din cele prezentate pînă aici, se remarcă valoarea de care dispun științele geologice românești, a unui vast material care poate fi luat în considerare la integrările viitoare, dat fiind că toate încercările de pînă acum au un caracter preliminar și după cum afirmă, de fiecare dată, autorii lor, necesită îmbogățiri atît în conținut, cît și în argumentări. Reușita încercărilor viitoare — fie că va fi vorba de ameliorarea modelelor elaborate, fie de modele noi, concepute pe baze mai cuprinzătoare — nu se pot realiza fără o integrare cît mai completă a elementelor geologice cu cele geofizice.

¹⁰³ AIRINEI ȘT., *Microplăci litosferice pe teritoriul României reflectate de anomalii gravimetrice regionale*, Stud. cerc. geol., geofiz., geogr., Geofizica, 15, p. 19—30, București, 1977.

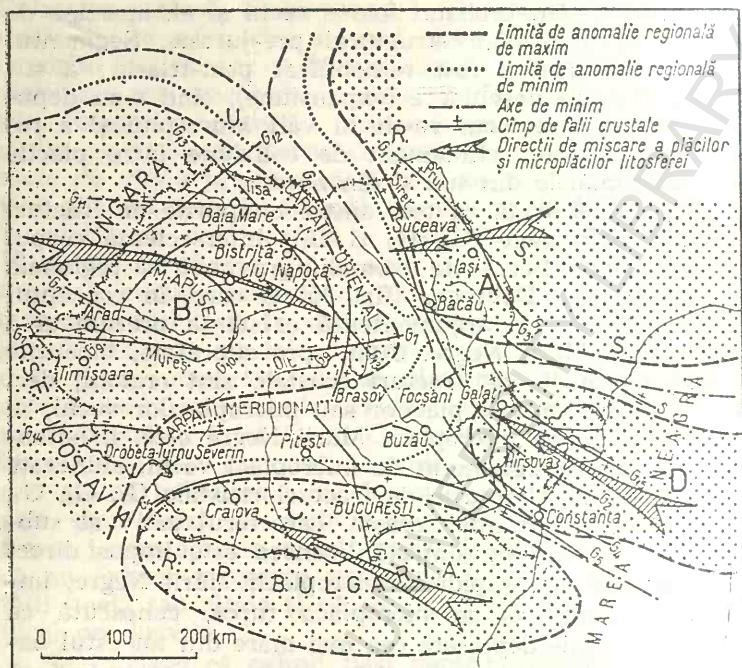


Fig. 60. Sistemul segmentelor litosferice de pe teritoriul României în poziții și cu sensurile de mișcare actuală, privit în cadrul conceptului tectonicii plăcilor (după Șt. Airinei, 1977):

A, extremitatea de SV a plăcii Euroasiatică; B, microplaca interalpină; C, microplaca Moesică; D, microplaca Mării Negre.

4.5. Ce este nou cu „baghetismul“ ?

Prezența acestei întrebări chiar dacă surprinde, are rolul ca prin răspunsul ce îl va da, să atragă atenția asupra unei contribuții adusă de specialiștii români în domeniul acestei activități milenare, când expulzată, când îngăduită la periferia științei.

Baghetismul, cunoscut și sub denumirea de radieste-zie, iar mai recent *dowsing signal* (biofizieskii efekt) — iar practicienii se numesc, după epocă, baghetiști, rab-domandiști, sursieri și de curînd *dowser-i* — este o practică veche și subiectivă, utilizată de milenii pînă în zilele

noastre, pentru descoperirea stratelor de apă, de țiței, minereuri ș.a. Existența unor semnale de natură biofizică, ca element informațional, a atras atenția unor fizicieni de renume care au încercat, fără să reușească, să explice științific natura legăturii ce se stabilește între „mișcarea baghetei datorită contracțiilor musculare inconștiente și obiectul geologic cercetat“. În sec. XX, cercetările au fost reluate mai intens și la nivelul unor preocupări științifice diversificate, cu implicații fizice, geologice, biologice, fiziologice, psihologice și parapsihologice. Școli de prestigiu (din U.R.S.S., Olanda, Elveția, S.U.A. ș.a.) au dovedit atât realitatea obiectivă a semnalelor biologice, precum și marea sensibilitate a unor sisteme vii, receptoare, de a reacționa la anumite situații geologice perturbatoare. Cu toate acestea, nu au fost obținute, încă, clarificări satisfăcătoare în legătură cu intermediarul fizic dintre sursa geologică perturbatoare-receptor și nici pentru însuși mecanismul detecției.

De mai bine de un deceniu, un grup de specialiști români, animați de inginerul geofizician A. Apostol, sînt angajați la obținerea unor clarificări pentru problemele care tulbură acest domeniu. Rezultate practice și încurajatoare, numite „biogeofizice“, au fost obținute în lucrări de geologie tehnică, de hidrogeologie și de geologie minieră ¹⁰⁴.

Pe teren, operatorul care prezintă calități de dowser, se deplasează cu o baghetă de lemn, în formă de Y pe care o ține cu ambele mîini, iar semnalul dowsing este reprezentat prin mișcarea baghetei ca urmare a unor contracții involuntare în mușchii brațelor. W. S. Tromp a realizat (1949) primele încercări de înregistrare cu ajutorul unor procedee tehnice, evidențiind că între brațele operatorului se produc variații de potențial electric în cursul traversării zonei cu semnale dowsing. Aceste rezultate au fost confirmate de lucrările experimentale făcute în zona stațiunii Băile Herculane, cu o aparatură de radiotelemetrie Hellige, care a recepționat semnalele dowsing de la distanțe cuprinse între 500—800 m și le-a înregistrat simultan pe hîrtie termosensibilă și pe bandă

¹⁰⁴ APOSTOL A., IONESCU FL., PRICAJAN A., SĂHLEANU V., Asupra unor informații de natură biofizică obținute în practica geologică, Rev. Minelor, An. XXIII, 7, 329—335, București, 1972.

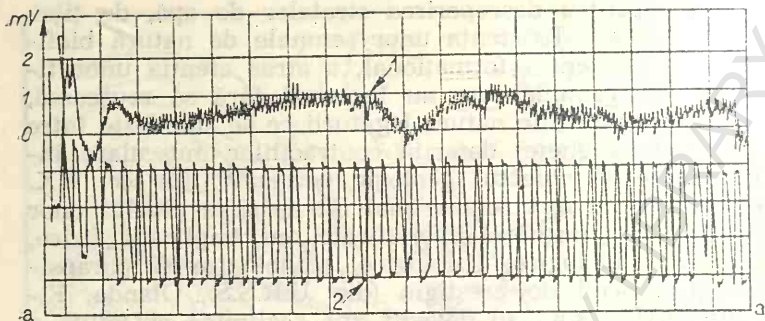


Fig. 61. Înregistrări radiotelemetrice pentru un operator în timpul parcurgerii unui traseu de lucru (după A. Apostol și I. Fl. Dumitrescu, 1976): a-a, traseul parcurs;

1, profilul semnalului dowsing; 2, ritmul respirator al operatorului.

magnetică. La traversarea zonelor cu semnale dowsing au fost înregistrate diferențe de potențial electric între fețele palmare ale operatorului testat, amplificate la ordinul sutelor de microvolți ¹⁰⁵ (fig. 61).

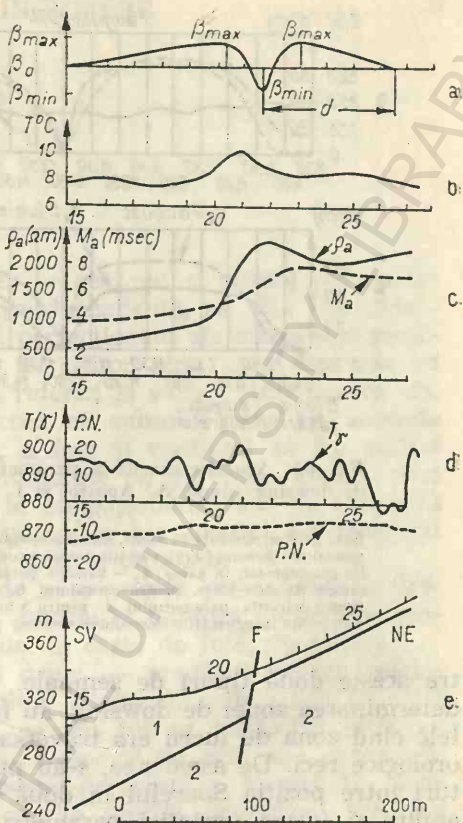
Înregistrările radiotelemetrice ale semnalului dowsing au fost corelate cu alte semnale geofizice (de rezistivitate electrică, de polarizabilitate, ale potențialului natural, ale cîmpului geomagnetic și ale temperaturii la adîncimea de 1,5 m în sol), precum și cu factori fiziologici (reflexul electrodermal, ritmul respirator, frecvența pașilor operatorului). O astfel de corelare este reprodusă în figura 62, pentru un profil care traversează zona unei fracturi geologice cu circulație de apă termominerală care generează anomalii în distribuția rezistivității electrice, polarizabilității și temperaturii rocilor.

Deși aceste experimentări nu au permis deocamdată interpretări asupra naturii fizice a semnalului dowsing, ele au stabilit unele relații între acesta și reflexul electrodermal (fenomen studiat în mod particular de I. Fl. Dumitrescu, 1971): semnalul apare numai la operatori care au capacitatea de blocare a reflexelor elec-

¹⁰⁵ APOSTOL A., DUMITRESCU I. FL., *Măsurători radiotelemetrice ale variației diurne a semnalului dowsing*, Stud. tehn. econom., Seria D (Prospecțiuni geofizice), XI, 187—191, București, 1976.

Fig. 62. Corelări între semnalul dowsing și rezultatele altor metode geofizice pe un profil din zona Băilor Herculane (după A. Apostol și I. Fl. Dumitrescu, 1976):

a, profil dowsing; b, profil geotermic; c, profile de rezistivitate și polarizabilitate aparentă; d, profilul magnetic T și de potențial natural; e, secțiunea geologică natural; e, secțiunea geologică (1, marnocalcare; 2, calcare).



trodermale pe durata parcurgerii profilului de lucru, blocare însoțită de un automatism al ritmului respirator și frecvenței pașilor.

Contribuția de valoare a cercetătorilor români constă în evidențierea „variației diurne” a mărimii zonei de dowsing, notată cu d în figura 62, reprezentind distanța dintre începutul și axul acesteia. În figura 63 sînt reproduse două curbe de variație diurnă a semnalului dowsing, pentru ziua de 7 august 1974, obținute independent de doi operatori și curba variației diurne a cîmpului geomagnetic. Este ușor de constatat lipsa de corelație în-

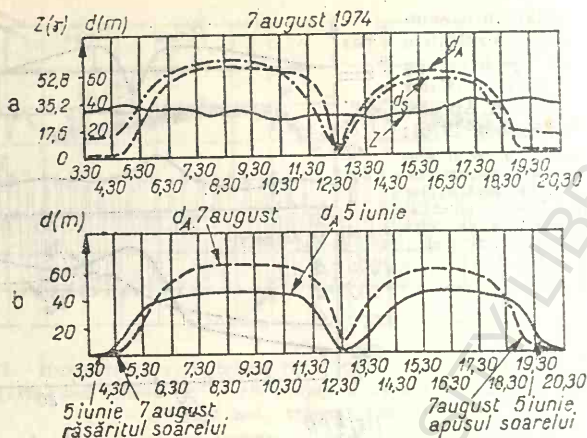


Fig. 63. Variația diurnă a parametrului d al zonei de dowsing (după A. Apostol și I. Fl. Dumitrescu, 1976):

Sus (a): $d(m)$ distanța în metri, între începutul și axa de simetrie a semnalului dowsing; $Z(\gamma)$, variația diurnă a componentei Z a câmpului geomagnetic, în gama; d — variația parametrului d pentru operatorul A; d_s — idem, pentru operatorul S. Jos (b): două curbe pentru variația parametrului d , pentru 5 iunie și 7 august 1974, deduse din înregistrările semnalului dowsing pentru operatorul A.

tre aceste două tipuri de semnale. Unele perturbații în determinarea zonei de dowsing au fost evidențiate în zilele când zona de lucru era traversată de fronturi meteorologice reci. De asemenea, s-au putut face unele legături între poziția Soarelui în două perioade diferite ale anului și forma variației parametrului d al semnalului dowsing.

Se speră ca studii sistematice pentru variația diurnă a semnalului dowsing să deschidă unele posibilități de explicare a naturii acestui fenomen; cert și practic, ea devine o „reducere“, la fel ca în magnetometrie, pentru corectarea înregistrărilor semnalului dowsing din cursul lucrărilor de prospecțiune.

Teritoriul României — aer, sol și subsol —, ca un întreg cu relații de interdependență, se află sub obiectivele din ce în ce mai perfecționate ale metodelor geofizice. Textul străbătut de cititor pînă aici, cuprinde cu maximum de pondere, referiri la subsol. Justificarea stă, în primul rînd, în aceea că subsolul care ne ascunde încă numeroase taine, a fost și continuă să fie asaltat pentru bogățiile sale minerale și, pe care, atunci cînd omul le descoperă, i le oferă generos sau cu zgircenia impusă de condițiile geologice ale locului de zăcămint pe care și l-au găsit în scoarța terestră.

A existat dorința de a se reliefa permanenta înclștare dintre inteligența omului și puterea naturii de conservare a secretelor sale, în cazul de față, de subsol.

La capătul acestui drum — pregătiți pentru înțelegere și posesori ai atîtor clișee ale subsolului la scări locale, regionale sau pentru întreg teritoriul țării — putem contempla tabloul general pe care ni-l sugerează, ca pe un organism deosebit de complex, format din părți bine individualizate, marile unități geologice, încorporate într-un același întreg, scoarța terestră sau litosfera. Aici, în același corp, fiecare parte, cu „istoria“ ei prinsă în valențele celorlalte părți, a luat naștere, a evoluat pînă la stadiul actual și își pregătește condițiile de start conform tendințelor de evoluție schitate la scară planetară și pe care, fiecare, le va străbate în etapele geologice următoare.

Ne putem întreba, unde ne aflăm cu stadiul cunoașterii litosferei? Răspunsul este că ne găsim în situația acelor ochi însetați de Soare, care țintiți spre cer văd alergînd valuri după valuri de nori și, rareori, vagi spărturi lucind meteoric. Departe, în mantaua superioară, își au sediul fenomenele care transformă în

mod esențial tot ce-i stă deasupra, litosfera și, în particular, scoarța, depozitarea tuturor evenimentelor întimplate în îndelungata viață geologică a planetei. Dacă ochii noștri, metodele geofizice, vor putea să privească prin ceața norilor și să distingă nu numai contururile descifrate pînă acum, ci și detaliile care le caracterizează, științele geologice vor beneficia de căi noi pentru înțelegerea problemelor ce li se pun. Pînă de curînd, cercetările de tip geologic se mulțumeau să rezolve obiectivele pe care și le propuneau, doar în cadrul lor static ; într-un atare mod de lucru, chiar pentru cele mai autentice rezultate obținute, calea era făcută doar pe jumătate.

Revoluția pe care o produce în prezent conceptul tectonicii plăcilor, în ansamblul științelor geologice, impune cercetătorului să parcurgă, neapărat, și cealaltă jumătate a drumului. El nu trebuie să uite că tot ce a polarizat ca bun cîștigat, conceptul expansiunii fundului oceanic, integrat ulterior, el însuși, în acela al tectonicii plăcilor, reprezintă puncte de vedere spectaculoase la evidențierea funcționării mașinii terestre. Litosfera cu ansamblul ei de plăci în mișcare, subordonată astenosferei ; mantaua superioară dependentă de zonele mai adînci ale mantalei, în care se întrezăresc complicate relații fizico-geologice ș.a.m.d. Energiile enorme care propulsează mișcarea materiei în astenosferă și litosferă (evident, cu viteze și în timp geologic), schimbă viziunea asupra mecanismelor de deformare a scoarței terestre de tip continental sau oceanic, oferind un înțeles dinamic larg în ceea ce privește distensiunea și compresiunea la scară planetară, responsabile de formarea, întreținerea și evoluția structurilor geologice superficiale.

N-a existat dorința ca aceste ultime fraze de încheiere să fie adresate doar specialiștilor care slujesc direct științele geologice. Oamenii de cultură, intelectualii din toate domeniile cunoașterii sînt dornici să știe cît mai multe despre secretele planetei din întregul căreia face parte și subsolul teritoriului României, secrete pe care științele naturii i le-au putut smulge, puține, dar din ce în ce mai surprinzătoare. Acum cînd „aventura cosmică” se află în plină dezlănțuire, cînd s-a rupt vraja Lunii, iar Pămîntul văzut din spațiul cosmic este o „Lună” mai mare, cînd avalanșa de informații face din

Pământ un fir de praf plutind în Cosmos după legile riguroase ale Sistemului solar și care, la rîndul lui, este supus legilor Galaxiei noastre ș.a.m.d., acum, este necesar să știm tot atît de multe despre propria noastră planetă, despre subsolul țării pe care o locuim de milenii.

Marea majoritate a informațiilor cuprinse în lucrare au fost adunate și selectate dintre cele mai recente rezultate experimentale și de concepție geofizică și geologică. Ele au fost sistematizate și comentate în cele patru capitole ale lucrării, cu dorința de a le releva capacitatea de a stîrni, ele însele, interesul cititorului specialist sau nespecialist de a surprinde, el însuși, orizonturile noi pe care le-a deschis gîndirii și avîntului de căutare și descoperire.

Înainte de a pune punct încheierii, se cuvine a aduce mulțumiri deosebite conducerii și redacției de geologie și geografie a EDITURII ȘTIINȚIFICE ȘI ENCICLOPEDICE, de a fi stăruit ca lucrarea *Radiografia geofizică a subsolului României* să fie realizată și de a i se fi asigurat apariția în condițiile pe care avem prilejul să le apreciem.

BIBLIOGRAFIE

- AIRINEI ȘT., *Geofizica*, Centrul de multiplicare al Universității din București, 1972.
- AIRINEI ȘT., *Originea, evoluția și structura internă a Pământului*, Edit. științ., București, 1974.
- AIRINEI ȘT., *Geofizica pentru geologi*, Edit. tehn., București, 1977.
- ASTIER L. J., *Géophysique appliquée à l'Hidrogéologie*, Masson et C-ie Editeurs, Paris, 1971.
- ATANASIU I., *Cutremurele de pământ din România*, Edit. Acad., București, 1961.
- BANCILĂ I., *Geologia Carpaților Orientali*, Edit. științ., București, 1958.
- BOGDANOFF A. A., MOURATOV V. M., SCHATKY S. N., *Tectonique de l'Europe*, Ed. Nauka et Nedra, Moscou, 1964.
- BOTEZATU R., GHEREA GH., ROMANESCU DR., VĂJDEA V., VISARION M., *Prospecțiunea geofizică a zăcămintelor de minereuri*, Edit. tehn., București, 1976.
- CIUPAGEA T. D., PAUCĂ M., ICHIM TR., *Geologia Depresiunii Transilvaniei*, Edit. Acad. R. S. România, București, 1970.
- CONSTANTINESCU L., *Mesaje ale Pământului în descifrări actuale*, Edit. științ., București, 1974.
- CONSTANTINESCU P., MOLDOVEANU T., ȘTEFĂNESCU D., VĂJDEA V., VISARION M., *Geofizica ingierească*, Edit. tehn., București, 1979.
- COTET P., *Geomorfologia României*, Edit. tehn., București, 1973.
- DUMITRESCU ELENA, GLAJA MARIA, *Metodica prelucrării datelor climatologice*, Centrul de multiplicare al Universității din București, 1973.
- DUMITRESCU I., *Curs de geologie structurală și principii de geotectonică și cartare geologică*, Edit. did. pedagog., București, 1962.
- GAVĂT I., BOTEZATU R., VISARION M., *Interpretarea geologică a prospecțiunilor geofizice*, Edit. Acad. R. S. România, București, 1973.
- IANOVICI V., GIUȘCĂ D., GHITULESCU T. P., BORCOȘ M., LUPU M., BLEAHU M., SAVU H., *Evoluția geologică a Munților Metaliferi*, Edit. Acad. R. S. România, București, 1969.
- IANOVICI V., BORCOȘ M., BLEAHU M., PATRULIUS D., LUPU M., DUMITRESCU R., SAVU H., *Geologia Munților Apuseni*, Edit. Acad. R. S. România, București, 1976.
- ILIE M., *Alcătuirea geologică a pământului românesc*, Edit. științ., București, 1956.

- LUPEI N., *Geologia în prezent și în viitor*, Edit. tehn., București, 1975.
- MAGHIAR N., OLTEANU ȘT., *Din istoria mineritului în România*, Edit. științ., București, 1970.
- MUTIHAC V., IONESI L., *Geologia României*, Edit. tehn., București, 1974.
- ONCESCU N., *Geologia României*, Ediția a III-a, Edit. tehn., București, 1965.
- PAPIU C. V., *Geologie și drumeție. Trasee în Carpații românești*, Edit. științ., București, 1963.
- POSEA GR., POPESCU N., IELENICZ M., *Relieful României*, Edit. științ., București, 1974.
- PRICAJAN A., *Apele minerale și termale din România*, Edit. tehn., București, 1972.
- RADULESCU P. D., *Vulcanii astăzi și în trecutul geologic*, Edit. tehn., București, 1976.
- SOCOLESCU M., CIOCÂRDEL R., AIRINEI ȘT., POPESCU M., *Fizica și structura scoarței terestre din România*, Edit. tehn., București, 1975.
- TUFESCU V., *România*, Edit. științ., București, 1974.

CUPRINS

INTRODUCERE	5
1. SPRE CLIȘEELE GEOFIZICE	13
1.1. Citeva precizări și aduceri aminte	13
1.2. Tipuri de scoarță terestră	17
1.3. Fenomene fizice și metode geofizice de radiografiere	23
1.4. Radiografierea geofizică a zonelor adânci ale scoarței terestre	25
1.5. Observatoare geofizice pe teritoriul României	32
2. RADIOGRAFII GEOFIZICE PENTRU OBIECTIVE GEOLOGICE LOCALE	54
2.1. Fundamental și aplicativ, cantitate și calitate	54
2.2. Radiografii geofizice în domeniul geologiei țiteiului	56
2.3. Radiografii geofizice în domeniul geologiei miniere	64
2.4. Radiografii geofizice în domeniul geologiei tehnice	85
2.5. Radiografii geofizice în domeniul hidrogeologiei	96
2.6. Radiografii geofizice în domeniul sedimentologiei și al cartării geologice	102
2.7. Radiografii geofizice în arheologie	113
3. RADIOGRAFII GEOFIZICE REGIONALE ȘI STRUCTURA GEOLOGICĂ ADÂNCĂ	121
3.1. Din istoricul preocupării geostiintelor asociate descifrării structurii geologice adânci a teritoriului României	121
3.2. Cîmpul gravitații și contribuțiile sale	123
3.3. Cîmpul geomagnetic și contribuțiile sale	136
3.4. Cîmpul geoelectromagnetic și tentative de cunoaștere întreprinse pe seama lui	146
3.5. Cutremurele de pămînt, seismicitatea, seismotectonica și sondajul seismic adînc pe teritoriul României	151
3.6. Cîmpul radioactiv și aplicațiile sale de interes geologic și hidrogeologic	174
3.7. Cîmpul geotermic devenit obiectiv prioritar	193
4. SPRE DIAGNOSTICE FIZICO-GEOLOGICE NOI	207
4.1. Integrarea datelor geofizice pentru descifrări geologice	207
4.2. Structura geologică adîncă și manifestările post-vulcanice	212
4.3. Structura geologică adîncă și geotermalismul	227
4.4. Tentative de încadrare a teritoriului României în conceptul tectonicii plăcilor	233
4.5. Ce este nou cu „baghetismul“ ?	248
ÎNCHEIERE	253
BIBLIOGRAFIE	256

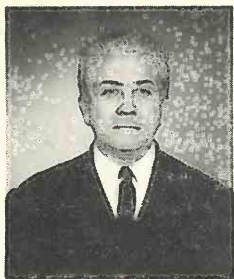
Universitatea Al. I. Cuza Iași
Biblioteca de Geologie-Geofizică
Cota veche Pretul
Col. Zam 11,00 lei

Redactor: GHEORGHE VLĂȘCEANU
Tehnoredactor: OLIMPIU POPA

Coli de tipar: 16,25 Bun de tipar: 14. 02. 1980



Tiparul executat sub comanda
nr. 604 la
Întreprinderea poligrafică
„13 Decembrie 1918”,
str. Grigore Alexandrescu nr. 89—97
București,
Republica Socialistă România



ȘTEFAN AIRINEI ESTE CADRU DIDACTIC LA UNIVERSITATEA DIN BUCUREȘTI DIN ANUL 1969, UNDE, ÎN PREZENT, PREDĂ CURSURILE: FIZICA GLOBULUI, GEOFIZICA MARINĂ ȘI GEOTERMIA ȘI PROSPECȚIUNI TERMOMETRICE. ANTERIOR, ÎNTRE 1949—1969, A LUCRAT CA PROSPECTOR ȘI CERCETĂTOR GEOFIZICIAN ÎN GRAVIMETRIE ȘI MAGNETOMETRIE, ÎN UNITĂȚILE DE PROFIL ALE COMITETULUI DE STAT. AL GEOLOGIEI. A ADUS CONTRIBUȚII, PRINTRE ALTELE, LA CUNOAȘTEREA STRUCTURII GEOLOGICE ADÎNCI A TERITORIULUI ROMÂNIEI, PRECUM ȘI LA ÎNCADRAREA LUI ÎN CONCEPTUL TECTONICII PLĂCILOR LITOSFERICE. ESTE DOCTOR ÎN GEOLOGIE (1968) ȘI DOCTOR DOCENT ÎN ȘTIINȚE (1971). A PUBLICAT SINGUR ȘI ÎN COLABORARE, ÎN ȚARĂ ȘI STRĂINĂTATE, PESTE 120 LUCRĂRI DE SPECIALITATE, PRECUM ȘI MAI MULTE TRATATE, MANUALE ȘI CĂRȚI DE POPULARIZARE A ȘTIINȚEI. ESTE LAUREAT AL ACADEMIEI R. S. ROMÂNIA (1961). ÎN PARALEL, ÎȘI ONOREAZĂ URMĂTOARELE CALITĂȚI ȘI TITLURI: DIN 1966, MEMBRU ÎN COMITETUL DE GEOLOGIE ȘI GEOFIZICĂ MARINĂ A C.I.E.S.M. (MONACO); DIN 1968, SECRETAR ȘTIINȚIFIC AL SOCIETĂȚII DE ȘTIINȚE GEOLOGICE DIN ROMÂNIA; DIN 1971, VICEPREȘEDINTE AL FILIALEI BUCUREȘTI A ACELEIAȘI SOCIETĂȚI ȘI DIN 1977, MEMBRU ACTIV AL ACADEMIEI DE ȘTIINȚE DIN NEW YORK.



EDITURA ȘTIINȚIFICĂ ȘI ENCICLOPEDICĂ